

institut de recherche et de coordination acoustique/musique

# Rapport d'activité

**2020** **ircam**

**Centre  
Pompidou**

**ircam**  
Centre  
Pompidou



INSTITUT  
DE RECHERCHE  
ET COORDINATION  
ACOUSTIQUE /  
MUSIQUE



# SOMMAIRE

---

<b>5</b>	<b>LIGNES DE FORCE 2020</b>
<b>7</b>	<b>LES CHIFFRES CLÉS</b>
<b>8</b>	<b>2020 EN IMAGES</b>
<b>11</b>	<b>2020, ANNÉE INÉDITE</b>
<b>12</b>	<b>ORGANISATION ET LIENS INSTITUTIONNELS</b>
<b>14</b>	<b>LES NOUVEAUX FORMATS DE LA CRÉATION ET DE L'ACTION CULTURELLE</b>
<b>15</b>	<b>SUCCÈS ET RENOUVELLEMENT DES RÉSEAUX INTERNATIONAUX</b>
<b>17</b>	<b>INTELLIGENCE ARTIFICIELLE</b>
<b>19</b>	<b>LES MOYENS FINANCIERS</b>
<b>23</b>	<b>UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE STMS</b>
<b>25</b>	<b>L'ACTIVITÉ RECHERCHE</b>
25	Les tutelles scientifiques de l'UMR STMS
27	Équipe Analyse des pratiques musicales
32	Équipe Analyse et synthèse des sons
36	Équipe Espaces acoustiques et cognitifs
43	Équipe Interaction son musique mouvement
46	Équipe Perception et design sonores
52	Équipe Représentations musicales
61	Équipe « Systèmes et Signaux Sonores : Audio/ Acoustique, InstruMents »
74	Pôle Ingénierie et Prototypes (PIP)
<b>77</b>	<b>ANNEXES</b>
<b>78</b>	<b>CONSEIL D'ADMINISTRATION</b>
<b>79</b>	<b>CONSEIL SCIENTIFIQUE</b>
<b>80</b>	<b>ÉQUIPE IRCAM</b>
<b>84</b>	<b>RECHERCHE MUSICALE</b>
<b>87</b>	<b>PROJETS « CREATIVE EUROPE » 2020</b>
<b>89</b>	<b>ŒUVRES PRÉPARÉES OU CRÉÉES EN 2020</b>
<b>93</b>	<b>SAISON 2020</b>
<b>95</b>	<b>MANIFESTE 2020</b>
<b>99</b>	<b>TOURNÉES 2020</b>
<b>101</b>	<b>FORUM IRCAM</b>
<b>103</b>	<b>SÉMINAIRES</b>
<b>104</b>	<b>SOUTENANCES</b>
<b>105</b>	<b>PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS</b>
<b>118</b>	<b>PRINCIPAUX LOGICIELS</b>
<b>122</b>	<b>TRANSMISSION</b>
<b>141</b>	<b>INFORMATIQUE</b>
<b>142</b>	<b>PÔLE WEB</b>
<b>145</b>	<b>TRAVAUX DE L'ESPACE DE PROJECTION</b>





# LIGNES DE FORCE 2020

---



## LES CHIFFRES CLÉS

---

### PERSONNES

---

**162** personnes  
(en équivalent temps plein)

---

**42** articles pour  
des revues à comité  
de lecture

**52** conférences invitées  
dans des congrès nationaux et  
internationaux

**21** ouvrages scientifiques ou  
chapitres d'ouvrages

**9** thèses de doctorat  
et HDR

**2020**

### CRÉATIONS : CONCERTS ET SPECTACLES

---

**67** concerts et spectacles  
dont

**16** en saison  
**24** ManiFeste – le festival  
**0** ManiFeste – l'académie  
**27** en tournée

### DIFFUSION WEB

---

**188 630** visites brahms.fr

**145 689** visites ircam.fr

**86 875** visites forum.ircam.fr

**49 078** visites  
ressources.ircam.fr  
ulysses-network.eu

**463 272** visites

soit **1 269** visiteurs par jour  
en 2020



## 2020 EN IMAGES



© Patrick Berger

8 et 16 janvier, Luxembourg et Lisbonne  
*Les milles endormis* d'Adam Maor en tournée  
(création festival d'Aix-en-Provence)



© Mamar Benanou

10 janvier-14 mars, Gennevilliers,  
Strasbourg, Lille  
*Le reste vous le connaissez par le cinéma*  
de Daniel Jeanneteau en tournée (création  
festival d'Avignon)



© DR

8 février, Radio France, festival Présences  
Création de Sasha J. Blondeau



26-27 février, Centre Pompidou  
Forum Vertigo  
« Intelligence artificielle et création artistique »

26 février-17 mars, Centre Pompidou  
Exposition « Neurones, les intelligences  
simulées »



© Quentin Cherrier

28 février-1<sup>er</sup> mars, CENTQUATRE-PARIS  
Événement final du programme européen  
STARTS Residencies



© Géraldine Aresteanu

4-6 mars, Ircam  
Ateliers du Forum des technologies



6 avril  
Première levée de fonds d'Ircam Amplify



30 juin  
Sortie du logiciel TS2 avec Plugivity



Juillet  
Création de la Chaire « Supersonique »  
avec les Beaux-Arts de Paris



31 août-13 septembre  
Festival ManiFeste-2020: 15 créations

1<sup>er</sup> septembre  
Lancement de l'ERC POC Heart-FM  
d'Elaine Chew, à visée thérapeutique

1<sup>er</sup> septembre  
Démarrage du projet européen MediaFutures  
2020-2023, dans le cadre de l'initiative  
STARTS

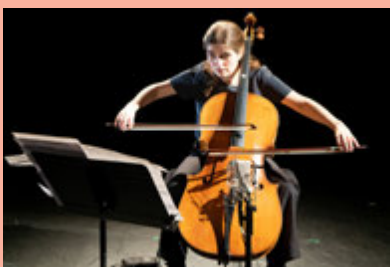


© Quentin Chevrier

11-13 septembre, Centre Pompidou  
Lancement de la collection des Musiques-  
Fictions



12 octobre-10 novembre [en ligne]  
France-Atlanta 2020 « Machines of Loving  
Grace » avec Georgia Tech



© Thierry De Mey

7-8 septembre [en ligne]  
Créations du cursus



© DR

13 septembre, Centre Pompidou  
Hommage à Eliane Radigue avec le Mnam



© Anna van Kooij

1<sup>er</sup> octobre  
Renouvellement du projet européen Ulysses  
2020-2024

3-18 octobre, Berlin  
Nouvelle production de l'opéra *Quartett*  
de Luca Francesconi



© C-Lab

5-20 décembre, C-Lab, Taiwan  
Festival The Good vibration

11 décembre  
Signature d'un partenariat Art et Sciences  
avec l'ENS Saclay



© Hervé Veronèse, Centre Pompidou

10-20 septembre, Jardin du Palais-Royal  
Installation *Singing Trees* avec  
le Théâtre du Châtelet

© Brescia et Amisano - Teatro alla Scala



## 2020, ANNÉE INÉDITE

---

En 2020, l'Ircam, comme l'ensemble des acteurs culturels, a subi très directement l'impact de la crise sanitaire, en particulier dans le domaine de la création et de la pédagogie. Toutefois le modèle de l'institut de la Place Stravinsky, son continuum science – art – technologie, s'est avéré plus pertinent que jamais. Il offre la capacité à se projeter sur le long terme d'une recherche artistique et scientifique, à soutenir l'essor de la nouvelle génération, à poursuivre les échanges internationaux essentiels à la science et à la création. Sous ces aspects, et malgré les difficultés conjoncturelles, l'Ircam a pu maintenir la cohésion et la stabilité de l'institution tout en intégrant de nouvelles conditions de travail et une souplesse dans la réorganisation de ses activités publiques. Avec le soutien apporté par le ministère de la Culture à l'ensemble du secteur, l'Ircam a pu préserver tous les projets de création ou les reporter en 2021. Le festival ManiFeste-2020, décalé et resserré au début du mois de septembre, marquait ainsi un « retour à la vie » pour la création et la réouverture de la Grande salle du Centre Pompidou.

Les lignes de force de 2020 concernent la dynamique institutionnelle, la dynamique de la création comme de l'action culturelle, la dynamique internationale et la dimension programmatique « science – art » qui sous-tend l'ensemble.

Du côté institutionnel, l'inscription de la recherche musicale au sein de l'UMR corrobore une politique d'inclusion : la réussite de cette activité au fondement de l'Ircam repose sur le dialogue continu et resserré entre artistes et scientifiques et sur la mutualisation des effets des résidences par la mobilisation interne des réalisateurs en informatique musicale. Autre fait majeur institutionnel : l'essor de la filiale Ircam Amplify avec sa première augmentation de capital et la constitution de son équipe rapprochée. Enfin l'intégration du Forum Ircam dans l'IMR (Innovation et Moyens de la Recherche) complète les dispositifs destinés à disséminer les innovations de l'Ircam.

La dynamique de la création et de l'action culturelle se mesure principalement dans le lancement des Musiques-Fictions lors du festival ManiFeste-2020, l'initiative interdisciplinaire de la chaire Supersonique avec l'école des Beaux-Arts de Paris, le maillage territorial avec des acteurs majeurs de l'éducation et de la culture.

La dynamique internationale s'avère essentielle tant pour la recherche scientifique que pour la créativité artistique, les circuits courts n'ayant ici aucune raison d'être. Elle transite par les programmes européens (STARTS, Vertigo, Ulysses, FuturPulse, outre les European Research Council) et notamment par l'ingénierie culturelle exercée pour Taïwan.

Enfin, l'ensemble de ces lignes de force tire parti de la dimension programmatique renforcée « science – art » propre à l'Ircam, avec en particulier l'essor puissant de l'Intelligence Artificielle dans le laboratoire. L'IA se retrouve sous certains projets artistiques emblématiques, dans la co-créativité humain-machine, dans l'intrication entre création, mémoire et archives, dans les industries culturelles, dans le domaine élargi de l'indexation, du traitement du signal et de la voix.

## ORGANISATION ET LIENS INSTITUTIONNELS

---

### ■ Effets Covid-19

La situation exceptionnelle liée à l'épidémie Covid-19 a des conséquences inédites sur le spectacle vivant. Le ministère de la Culture a soutenu le secteur et l'Ircam a mis en œuvre ses recommandations. Plus particulièrement, les relations entre les artistes et les institutions, l'organisation du travail des personnels permanents et les relations avec le public. Nous avons évité le scénario d'une annulation de ManiFeste en 2020 en reportant la moitié des projets du festival fin août-début septembre 2020. Cette opération décalée a préservé à la fois la moitié des sessions prévues pour les ensembles et près des deux tiers des heures prévues des intermittents dans le budget 2020 de l'Ircam.

L'Ircam a accompagné l'ensemble des compositeurs pour rendre possible la création des nouvelles pièces avec des modalités de travail adaptées et le paiement des droits d'auteur pour les commandes d'œuvres aux compositeurs / auteurs à la remise de l'œuvre et ce même si les dates de création n'étaient pas arrêtées. Une indemnisation des structures fragiles (ensembles spécialisés, intermittents français, s'ils garantissent l'emploi des personnes, solistes prenant en compte les frais effectivement engagés pour juin 2020) a été pratiquée.

Les programmes de recherche financés par l'Europe et par l'ANR n'ont pas été impactés, seul leur calendrier d'application a été prolongé.

L'Ircam a maintenu à 100 % la rémunération nette de l'effectif permanent dont une partie avait été mise en activité partielle.

Le chantier de l'Espace de projection a été interrompu – ce qui signifie un retard pour le retour à son utilisation, qui s'est décalé de la fin 2021 à la mi-2022.

### ■ Recherche musicale et Forum Ircam

La recherche musicale a été intégrée dans l'UMR STMS et placée sous la responsabilité de Markus Noisternig, chercheur de l'équipe EAC (Espaces acoustiques et cognitifs), en vue de favoriser le développement des résidences artistiques au plus près du laboratoire afin de mieux coupler les propositions artistiques avec les problématiques de recherche et de permettre une meilleure pérennisation des travaux effectués sur le long terme. Cette activité concerne également l'organisation des séminaires internes annuels, Méridiens, réunissant artistes et chercheurs autour de thèmes d'actualité de la recherche musicale et des UPI (unités projet-innovation), projets transversaux d'innovation issus d'un concours interne.

Le Forum Ircam, communauté internationale des utilisateurs des logiciels de l'Ircam, a été intégré dans le département IMR en cohérence avec sa mission de coordination des développements logiciels et des différents canaux de diffusion et transferts technologiques – communauté artistique et académique pour le Forum, industrie via Ircam Amplify, ainsi que d'innovation et d'ingénierie culturelle sous diverses formes à l'international (projets européens STARTS, Forum Vertigo, Ateliers Forum hors les murs, etc.)

■ **Contributions à l'UMR STMS**

Le positionnement de la recherche musicale dans l'UMR STMS se traduit par un nouvel abondement financier récurrent de la part de sa tutelle Ircam, dont l'apport en 2020 a également comporté le recrutement d'un poste de chercheur permanent et le passage à 80 % du poste de support du Forum redéployé dans l'équipe Représentations musicales, en remplacement du départ d'un chercheur, pour soutenir la maintenance et l'évolution des recherches et développements sur l'aide à la composition et à la créativité.

■ **Essor d'Ircam Amplify – société de commercialisation des innovations audio**



L'enjeu de la création d'Ircam Amplify, filiale de l'Ircam, est de démultiplier les capacités de valorisation commerciale de ses actifs technologiques, scientifiques et artistiques. Dans la continuité des actions menées depuis 2018, avec le soutien de l'AMI Culture Patrimoine et Digital du Programme d'Investissements d'Avenir (PIA), le recrutement d'une directrice générale opérationnelle et le dépôt des statuts de la SAS Ircam Amplify en juillet 2019, la création de la société a été marquée par l'arrivée d'actionnaires et la première levée de capital de 1,8M€. La répartition du capital à l'issue de cette opération associe l'Ircam (71,43 % du capital), la Caisse des dépôts et consignations (19,05 % du capital), la société BELIEVE (7,94 % du capital) et la société E.T.R.E. (1,59 % du capital).

Cet apport a permis de financer le plan d'affaires d'Ircam Amplify par le développement de nouveaux prospects et actions commerciales, la conclusion de nouveaux contrats, le recrutement en mai de son directeur technique, en octobre de son directeur commercial et la production d'une roadmap produits structurée en trois lignes d'actions : le son comme data (indexation, recommandation musicale) ; le son dans les interfaces homme-machine (transformation du son et de la voix, synthèse et traitement de la voix) ; le son comme environnement (design sonore, écoute immersive).

Ircam Amplify commercialise les innovations technologiques issues du laboratoire STMS dans le cadre du mandat de valorisation conféré à l'Ircam par ses tutelles. Le département IMR coordonne le transfert technologique du laboratoire à la filiale et les modalités de ces échanges ont été formalisées en définissant une typologie des différentes phases de collaboration liées au processus de maturation d'une offre et en définissant les circuits de décision et les modes de rétribution des équipes de recherche liés à chaque action.

## LES NOUVEAUX FORMATS DE LA CRÉATION ET DE L'ACTION CULTURELLE

---

### ■ ManiFeste-2020 et les Musiques-Fictions

Soutenir la création émergente, exposer les « pouvoirs » et les sortilèges de la voix : telles étaient les lignes directrices du festival de l'Ircam, impacté par la crise Covid, déplacé et resserré au début du mois de septembre. ManiFeste s'est adossé à deux figures majeures de la création aujourd'hui : l'Anglaise Rebecca Saunders et l'Italien Stefano Gervasoni, se caractérisant par l'intimité vocale, la passion de la phrase et du timbre, la rhétorique des affects. Depuis la création de son *chroma* au Turbine Hall de la Tate Modern, Rebecca Saunders n'a plus quitté le devant des scènes européennes. Depuis ses œuvres sur Beckett, Ungaretti ou la poésie de José Angel Valente, Stefano Gervasoni accomplit une alliance inespérée avec la langue et le mot. Dans une génération plus jeune, la vocalité est un protagoniste essentiel pour Marta Gentilucci, Daniele Ghisi, Miquel Urquiza.

À la jointure de ManiFeste et du festival de la littérature vivante Extra! au Centre Pompidou, l'Ircam a pu lancer sa collection des Musiques-Fictions, mobilisant autrices et musiciens, metteurs en scène et acteurs, destinées à une écoute collective sous un dispositif immersif (Ambisonic). Au texte, toute l'intelligibilité. Au sonore, toute la dramaturgie. À l'écriture musicale, un espace à soi. Les trois premiers numéros des Musiques-Fictions ont réuni Daniele Ghisi et Jacques Vincey pour *Naissance d'un pont* de Maylis de Kerangal ; Aurélien Dumont et Daniel Jeanneteau pour *L'autre fille* d'Annie Ernaux ; Olivier Pasquet et Thierry Bédard pour *Bacchantes* de Céline Minard.

### ■ Création de la chaire « Supersonique » avec l'École des Beaux-Arts de Paris

Dans la volonté d'encourager le dialogue transdisciplinaire entre musiciens et artistes visuels, l'Ircam a lancé en juillet 2020 avec les Beaux-Arts de Paris la nouvelle chaire Supersonique : exposer, monter, habiter le son. Aujourd'hui, le son est devenu une forme et une matière à part entière ; les pratiques de création comme les outils numériques rapprochent les arts visuels et les arts sonores. Réunissant des étudiants des Beaux-Arts de Paris et ceux du cursus de l'Ircam, la chaire est un atelier de partage des méthodes et des outils pour composer l'espace sonore, visuel et sensible et imaginer une création collective in situ. Il s'agit de mutualiser les savoir-faire et les pratiques entre des communautés qui s'ignoraient généralement jusqu'ici.

### ■ Consolidation du maillage éducatif territorial, des régions à l'Europe

Au printemps, l'Ircam a signé une convention cadre pour cinq ans avec le Conservatoire national supérieur musique et danse de Lyon. Elle facilite la mobilité étudiante au sein du cursus de l'Ircam pour les étudiants en 2<sup>e</sup> cycle du CNSMD ainsi que des échanges sur le terrain de la recherche et des collaborations artistiques. À l'échelle européenne, l'Ircam est à l'initiative du réseau Ulysses qu'il coordonne et qui rassemble onze acteurs de la promotion et professionnalisation des jeunes compositeurs et interprètes. Soutenu par le programme Creative Europe de la Commission européenne, le projet a été renouvelé le 1<sup>er</sup> octobre 2020 pour une durée de quatre ans.

La crise sanitaire est venue accélérer la transformation numérique de l'action pédagogique de l'Ircam avec la mise en ligne d'une nouvelle offre de formation. Ses webinaires sur des sujets aussi divers que « Intelligence artificielle et improvisation » ou « Spatialisation et réalité virtuelle » ont été diffusés à Taipei, en partenariat avec le C-Lab, et à Atlanta, en partenariat avec Georgia Tech.

## SUCCÈS ET RENOUVELLEMENT DES RÉSEAUX INTERNATIONAUX



vertigo.starts.eu

2020 a marqué l'aboutissement des trois années et demie du projet européen Vertigo organisant le programme STARTS Residencies, que l'Ircam a coordonné dans le cadre de l'initiative S+T+ARTS (Science, Technology and the ARTS), soutenue par la DG Connect de la Commission européenne. Ce programme vise à promouvoir l'intégration d'artistes dans des projets d'innovation technologique avec comme objectif d'effacer les frontières entre art et ingénierie pour stimuler la créativité et l'innovation. 45 artistes ont été sélectionnés pour produire une œuvre en étroite collaboration avec un projet de recherche ou une société innovante, dans le cadre de résidences en Europe.

Comment l'art peut-il contribuer à l'innovation technologique? Les résultats de cette expérience menée à une échelle inédite en Europe ont été révélés au public les 29 février et 1<sup>er</sup> mars à l'occasion des STARTS Residencies Days au CENTQUATRE-PARIS, conjointement à son événement Open Factory #5, sous de multiples formes (exposition, installations, performances, expériences participatives, tables rondes et débats, etc.) et au sein de quatre parcours thématiques : Défier la matière, Explorations écologiques, Expérimentations sociales, Expériences augmentées.

Cet événement a montré sous ses multiples facettes en quoi l'art, se saisissant des technologies parmi les plus avancées, permet de créer un pont avec l'humain et la société en en proposant une expérience sensible, participative et critique. Il a rencontré un grand succès en réunissant plus de 4 500 visiteurs en un week-end.

Les événements de clôture de Vertigo se sont poursuivis les 2 et 3 mars à l'Ircam dans le cadre d'un symposium international sur le thème « Art-Science Residencies: Methodologies and experience feedbacks ». Regroupant pour la première fois plus d'une trentaine d'organisations et de chercheurs dans le monde impliqués dans l'organisation de résidences d'artistes dans un contexte scientifique et technologique, l'enjeu de cette rencontre était de partager les méthodologies éprouvées à grande échelle dans STARTS Residencies, confronter cette expérience à celles d'autres institutions de référence et affirmer le leadership international de STARTS sur ces nouveaux processus d'innovation transdisciplinaire. Les échanges ont été organisés sous forme de keynotes et tables rondes autour des thèmes : Empowering social changes, Bridging art and science, Organising residencies, Seeding innovation et Supporting next generations.

51 vidéos comprenant la captation de toutes les sessions ainsi que des interviews des principaux intervenants sont accessibles à :

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLEV4JNNrV8ldhpzzJYsKg8q4diLMFpqNR>



**■ Renouveau des projets européens**

Plusieurs projets européens d'envergure, dont Vertigo, Ulysses et FuturePulse, s'achevaient au cours de l'année 2020 et les efforts menés depuis la fin 2019 pour les renouveler ont été couronnés de succès. Le réseau culturel international Ulysses, soutenu par le programme Creative Europe et coordonné par l'Ircam, a obtenu son second renouvellement pour 4 ans à partir d'octobre 2020. L'implication de l'Ircam, en lien avec le programme STARTS, se poursuit depuis septembre 2020 pour 3 ans dans le cadre des Digital Innovation Hubs à travers le projet MediaFutures, qui soutient les initiatives innovantes de 53 startups et 41 artistes pour renouveler le secteur des médias par de nouvelles formes d'accès à de grandes bases de données informationnelles, s'attachant à des questions telles que la désinformation dans le traitement de thèmes d'actualité – la pandémie Covid-19 ou le réchauffement climatique. L'équipe Analyse/synthèse participe également depuis octobre au projet AI4Media constituant un réseau européen d'excellence sur les recherches et innovations dans le secteur des médias à travers les dernières techniques d'intelligence artificielle. La participation du laboratoire STMS au programme ERC se renouvelle en 2021 à travers le projet REACH obtenu par Gérard Assayag dans le cadre du programme ERC-Advanced visant à promouvoir la co-créativité humain-machine dans la continuité de ses travaux sur l'improvisation, ainsi que le programme ERC-POC (proof of concept) Heart-FM appliquant les résultats du projet ERC COSMOS d'Elaine Chew au traitement par la musique de pathologies cardiaques.

**■ C-Lab**

Après l'achèvement d'un processus d'expertise mené par l'Ircam tout au long de l'année 2019 autour de la préfiguration du Contemporary Lab situé au cœur de Taipei, puis l'annonce de la fondation d'un Taïwan Sound Lab au sein de ce C-Lab, une nouvelle phase de collaboration pluriannuelle impliquait tous les départements de l'Ircam à partir de 2020. Cet accord de coopération porte sur le développement tout à la fois du site et d'un réseau Art – Science où se croisent la création artistique (résidences et productions), l'innovation technologique et sociale, la recherche scientifique et la formation aux nouveaux métiers impliqués. Taïwan montre un véritable engouement pour la culture française. Si l'inventivité dans les arts visuels, la réalité virtuelle et le cinéma est évidente aujourd'hui à Taïwan, les champs de la composition musicale, de l'ingénierie sonore, et de la recherche en amont, restaient en retrait : c'est l'un des motifs de la sollicitation de l'Ircam.

## INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

---

Après l'élaboration d'une prospective établie en lien avec le Conseil scientifique de l'Ircam en 2019, ce thème fait l'objet de nombreux aboutissements et renouvellements dans le contexte de la recherche. Il a été particulièrement à l'honneur en 2020 dans le cadre du Forum Vertigo au Centre Pompidou consacré à la thématique IA et art ainsi que dans la contribution renouvelée de l'Ircam à l'événement AlxMusic du festival Ars Electronica. Il s'inscrit dans les nouvelles structurations institutionnelles de la recherche, en lien avec le SCAI (Sorbonne Center for Artificial Intelligence) récemment fondé à Sorbonne Université et dans le cadre de programmes de soutien nationaux et européens.

### ■ Forum Vertigo 2020 – Intelligence artificielle et création artistique

Les 26 et 27 février, Centre Pompidou, Petite salle

Programmation générale: Hugues Vinet et Frank Madlener (Ircam) en collaboration avec Frédéric Migayrou et Camille Lenglois (Centre Pompidou), avec le soutien du SCAI

Dans le cadre de Mutations / Créations 4

[vertigo.ircam.fr](http://vertigo.ircam.fr)

Zoom sur le présent vertigineux, Vertigo propose une série de rencontres internationales sur l'actualité et les enjeux sociétaux de l'art dans ses relations aux sciences et technologies. Réunissant artistes et chercheurs à l'initiative de l'Ircam, conjointement à l'ouverture des expositions « Neurones, les intelligences simulées » et « Jeremy Shaw – Phase shifting index », cette 4<sup>e</sup> édition du Forum Vertigo était consacrée à l'état de l'art de différents champs de la création dans leur rapport à l'intelligence artificielle – arts visuels, architecture, musique, danse. Perception artificielle, comportement autonome, interaction corporelle, nouveaux espaces de représentation et de transformation issus de l'analyse massive de données: la rupture paradigmatique induite par les technologies d'intelligence artificielle irrigue la création artistique dans ses formes, ses outils et ses objets. Ces rencontres en ont questionné les fondements et les enjeux en une introduction et six thématiques: L'architecture et la formalisation des modèles numériques, Limites et potentiels génératifs de l'intelligence artificielle, Impasses et devenir de la cybernétique, Perception humaine et artificielle, Générativités musicales, La danse entre vivant et artificiel. Un grand débat de société « Vers une IA humanisée ? » a ouvert le sujet aux questions éthiques autour de Laurence Devillers, Jean-Gabriel Ganascia, André Manoukian, Jim Kurose et Henri Makram. L'actualité du sujet et la qualité des intervenants réunis ont suscité une forte participation du public.

Revoir le Forum en replay :

<https://www.youtube.com/playlist?list=PL6MqWe5aRuOBJ-r8GYRltHUdJ0zIllvVK>

Découvrir la série d'interviews vidéo « Comment intégrez-vous l'IA dans vos travaux ? » :

<https://www.youtube.com/playlist?list=PL6MqWe5aRuODN2hRznDt1YL6TCAWTncTF>

### ■ Les recherches en intelligence artificielle dans l'UMR

La masse critique de recherches de l'UMR sur le thème de l'intelligence artificielle s'est sensiblement accrue en 2020, l'application des techniques de deep learning s'étendant à de larges champs de recherche (traitement de signal audio notamment) au-delà des méthodes à base d'IA symbolique jusqu'à présent concentrées sur certaines applications (indexation musicale, aide à la composition et l'orchestration, suivi de geste et de partition). Le démarrage de 3 projets ANR autour de l'IA dans des équipes différentes (ARS/Analyse/synthèse, HAIKUS/EAC, MERCI/Représentations musicales), du projet européen AI4Media dans l'équipe Analyse/synthèse, de 3 autres projets dans le cadre d'appels locaux (Région Île-de-France, Ville de Paris, Émergence Sorbonne Université), auxquels s'ajoute le projet ERC REACH démarrant début 2021, complété par plusieurs contrats doctoraux soutenus par le programme IA de Sorbonne Université. Le recrutement en 2020 de Jérôme Nika comme chercheur permanent dans l'équipe Représentations musicales à la suite du départ de Jean Bresson contribue à ces évolutions par la constitution de bases nouvelles d'une aide à la composition enrichie de processus génératifs et informée par l'intelligence artificielle.

**■ Indexation musicale**

L'Ircam a développé depuis 20 ans une position de leader international autour de l'extraction automatique d'informations à partir d'enregistrements musicaux et l'année 2020 a vu la concrétisation de nombreux travaux récents ayant consisté à passer des techniques usuelles à base de modélisation aux technologies les plus récentes de réseaux de neurones profonds avec la soutenance de 3 thèses dans l'équipe Analyse/synthèse : celle de Gabriel Meseguer en lien avec le projet ANR Wasabi sur la segmentation et la séparation de voix dans un enregistrement par l'information conjointe des paroles de chansons, de Guillaume Doras soutenue par la Sacem sur l'identification automatique des reprises des œuvres et d'Hadrien Foroughmand sur la détection de tempo et la classification en genres par analyses rythmiques et timbrales, dans le cadre de la finalisation du projet H2020 FuturePulse sur le marketing analytique de la musique. Un autre enjeu important de l'année pour le transfert industriel a porté sur le renouvellement des licences de technologies avec Universal Music Group et d'autres acteurs ainsi que les premiers aboutissements de recherches sur l'analyse automatique de la qualité sonore des enregistrements : ces travaux soutiennent l'un des principaux axes de la stratégie commerciale d'Ircam Amplify.

**■ Aide à la composition, improvisation et nouveaux supports à la créativité**

Les recherches en IA sont particulièrement actives dans l'équipe Représentations musicales, embrassant les thématiques de l'aide à l'orchestration, de la générativité et de la créativité artificielle en particulier dans le contexte de l'improvisation.

Les travaux relatifs au thème ACIDS (Artificial Creative Intelligence and Data Science) ont connu un développement important avec, au-delà de la poursuite des projets ANR Makimono et du réseau international ACTOR sur l'orchestration, le démarrage de 2 nouveaux projets ACIDTEAM et ACIMO soutenus dans le cadre des programmes Émergence respectivement de la Ville de Paris et de Sorbonne Université pour un montant global de 600 k€, l'arrivée de 4 nouveaux doctorants et les soutenance d'Axel Chemla sur l'apprentissage automatique pour la synthèse audio et de Tristan Carsault sur la détection d'accords. Ces recherches font l'objet de plusieurs collaborations artistiques dont Alexander Schubert pour sa pièce *Convergence*.

Dans la continuité du projet ANR DYCI2, la thématique de la co-créativité humain-machine s'est poursuivie avec l'intégration du projet de recherche de Jérôme Nika dans l'équipe Représentations musicales, le démarrage du projet ANR MERCI, en collaboration avec la startup de l'Ircam, HyVibe, ainsi que l'obtention du projet ERC REACH qui vise à étendre les paradigmes existants à l'étude de réseaux cyber-humains dans lesquels la double rétroaction entre agents humains et artificiels crée un système complexe de co-apprentissage. L'application de ces recherches s'est traduite, dans le cadre du festival ManiFeste-2020, par la production de *Three ladies project* de Georges Bloch et Hervé Sellin, réinstanciant les voix de chanteuses disparues dans le processus musical.

**■ Traitement du signal et de la voix**

Les fondements des recherches sur le traitement de signal audio et plus particulièrement de la synthèse et la transformation de la voix ont été totalement renouvelés depuis 2018 avec l'application de techniques d'IA à base de réseaux de neurones profonds. En ce qui concerne la synthèse de voix chantée, faisant suite au projet Chanter, le nouveau projet ANR ARS (Analysis and transformation of singing style) s'intéresse à la caractérisation musicologique et technologique des styles de chant. Les recherches liées au projet visent en particulier à élaborer un vocodeur neuronal à base de composantes sonores qui dépasserait les limitations actuelles, en coût de calcul de l'algorithme wavenet de Google pour la synthèse. Les travaux sur la synthèse et la transformation expressives de la voix parlée représentent quant à eux, au-delà de leurs applications artistiques en particulier pour le théâtre ou le cinéma, l'une des principales priorités de la valorisation industrielle pour leurs applications au dialogue naturel homme-machine. Les recherches sur la conversion de voix se sont poursuivies dans le cadre du projet ANR TheVoice en lien avec la société de doublage Dubbing Brothers. Deux nouvelles thèses ont démarré sur le sujet dont l'une dans le cadre d'une nouvelle collaboration avec le constructeur PSA, soutenue par le projet MOVE de la Région Île-de-France, sur la synthèse de voix expressives dans l'habitable.

## LES MOYENS FINANCIERS

### COMPTE FINANCIER DE L'IRCAM 2020 (EN K€) ANNÉE INÉDITE

Fonctionnement			
Dépenses		Recettes	
Personnel	6 851	Subvention de l'État	6 135
Autres charges	3 378	Subvention recherche (ANR Europe)	2 293
Résultat exercice	15	Prestations de service	923
		Partenariat & mécénat	103
		Autres produits	562
		Produits exceptionnels	228
<b>Total</b>	<b>10 244</b>		<b>10 244</b>

Contributions en nature			
Mise à disposition des locaux	978	Prestations en nature	978

Équipement			
Dépenses		Recettes	
Insuffisance d'autofinancement	213	Capacité d'autofinancement	0
Matériel audiovisuel / musical	67	Subvention de l'État équipement	315
Matériel informatique	165	Subvention sur projets	0
Matériel et aménagements	67	Prélèvement en fonds de roulement	224
Immobilisations financières	27		
<b>Total</b>	<b>539</b>		<b>539</b>

L'exercice 2020 de l'Ircam s'inscrit dans une année inédite.

#### ■ Évolution du contexte réglementaire

Le contexte réglementaire de l'établissement des comptes annuels des associations a évolué. Le nouveau plan comptable est applicable aux associations depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2020.

La principale évolution pour l'Ircam est la présentation spécifique des contributions volontaires en nature. En effet, le Centre Pompidou met à disposition de l'Ircam le bâtiment ainsi que des services annexes. Ces ressources en nature de la part du Centre Pompidou sont valorisées à un montant de 978 k€ en vertu d'une convention liant le Centre Pompidou et l'Ircam datée de 2001 et correspondent à :

- la mise à disposition de locaux ;
- les fluides (électricité, eau, chauffage) ;
- la sécurité et le ménage.

#### ■ La crise sanitaire Covid-19

Cette crise a eu un impact important dans les comptes. L'impact est différent entre les secteurs d'activité.

Les projets scientifiques et culturels financés par l'ANR et l'Europe bénéficient d'un report d'exécution dans le temps et ne présentent pas d'impact financier majeur. Les charges variables correspondantes sont simplement décalées dans le temps.

En revanche, l'Ircam a été confronté à une perte de revenus consécutive à une diminution d'activité dans les secteurs artistique et pédagogique.

- Les recettes des droits d'entrée aux manifestations et surtout de diffusion des spectacles tant en France qu'en Europe s'inscrivent en réduction de plus de 320 k€ par rapport à l'exercice précédent.
- L'Ircam a accompagné l'ensemble des compositeurs et versé tous les droits liés aux contrats de commande, à la remise de l'œuvre. Nous avons accompagné les ensembles et les intermittents pendant cette période.
- Les recettes des formations professionnelles ont été impactées par l'annulation des dates de formation.

L'Ircam a répondu aux conditions d'éligibilité du chômage partiel et y a eu recours en 2020. L'institut a ainsi obtenu à ce titre un montant de 82 k€.

#### ■ **L'activité de la filiale de commercialisation Ircam Amplify SAS s'est développée en 2020**

L'Ircam avait apporté en 2019 à la société son portefeuille de contrats de licence et de commercialisation, conclus avec des sociétés tierces, et des titres immobilisés. L'institut a conservé à sa charge les activités de la maintenance de ces contrats ainsi transférés.

Une provision pour charges à hauteur de 494 k€ avait été comptabilisée en 2019 qui correspond aux travaux à réaliser pour assurer ces maintenances avec le temps prévisionnel consacré par le personnel Ircam. Les activités ainsi effectuées en 2020 représentent un montant de 227 k€ qui a été inscrit en produit au titre de l'exercice. Le solde de cette provision à la fin de l'année 2020 est de 267 k€.

Les relations commerciales avec Ircam Amplify se sont développées. Au-delà des retours liés aux contrats de licence et de mise à disposition de l'activité de valorisation industrielle, l'Ircam a inscrit des activités de sous-traitance à hauteur de 56 k€ avec sa filiale.

Enfin la filiale commerciale a associé d'autres actionnaires aux côtés de l'Ircam par une augmentation de capital le 6 avril 2020. L'Ircam détient ainsi 71,43 % du capital aux côtés de la Caisse des dépôts et consignations (CDC), de la société Believe et de la société E.T.R.E.

#### ■ **La situation structurelle de l'institut est toujours fragile (d'autres opérateurs pourraient dire très fragile) : une subvention étale depuis 20 ans, mais des perspectives nouvelles pour la convention triennale 2021-2023 avec la DGCA**

L'Ircam est subventionné par le ministère de la Culture. L'institut bénéficie du programme 131 du ministère destiné à soutenir la création artistique. L'Ircam a bénéficié chaque année du dégel budgétaire lui permettant in fine d'équilibrer ses comptes.

Les travaux de désamiantage de l'Espace de projection ont un impact sur les activités publiques de l'Ircam qui sont donc hors les murs. Le coût cumulé de la perte d'exploitation de l'Espro et de la logistique liée à la production hors les murs a été intégré au soutien par la subvention depuis 2016 à hauteur de 130 k€/an.

La subvention étale depuis 2000 fragilise tout l'écosystème de l'Ircam.

La discussion avec la DGCA pour la convention triennale 2021-2023 a ouvert une perspective pour le financement de l'investissement matériel de l'Ircam. La capacité de construire ce lien continu entre le prototypage technologique, l'inventivité artistique et les problématiques scientifiques, mission de l'Ircam, repose également sur l'infrastructure matérielle mise à la disposition des chercheurs et des créateurs. Le financement de l'investissement s'inscrit annuellement à hauteur de 315 k€ (hors subventions spécifiques supplémentaires liées au financement des projets ANR ou européens).

La perspective nouvelle est que l'imputation budgétaire des investissements en matériel évoluera en trouvant son financement à partir des programmes dédiés à l'investissement gérés par la DGCA.

Indirectement le maintien du montant de la subvention de fonctionnement ouvrira la possibilité de financer trois postes de salariés permanents.

■ **Les financements affectés sur projets scientifiques et les recettes propres restent à un niveau très élevé**  
Ces financements sont de 28,80 % du compte financier, contributions volontaires comprises. Année « inédite », ils s'inscrivent en réduction par l'effet de la crise sanitaire (35,97 % hors exceptionnel en 2019).

Les financements européens dont bénéficie l'Ircam pour la réalisation de ses missions ont été renouvelés (projet Ulysses, succès aux ERC notamment). Ils contribueront à assurer l'équilibre financier de l'institut.

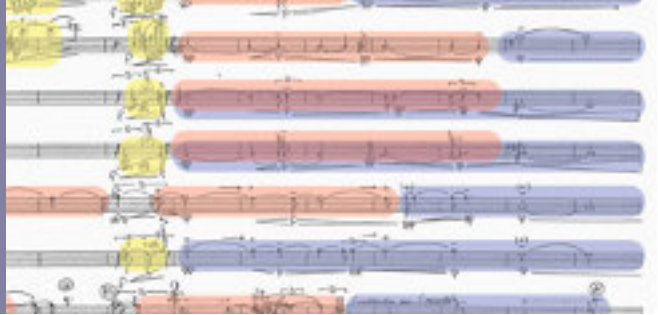
Le mécénat et les partenariats représentent 103 k€, soit une réduction de 80 k€ par rapport à l'exercice précédent (0,92 % des produits). Les projets artistiques s'inscrivent dès leur conception dans un schéma de mutualisation avec le développement de nombreux partenariats permettant l'aboutissement de projets ambitieux.

■ **Événement postérieur à la clôture : la crise de la Covid-19 et le confinement en France**

La crise sanitaire continue à produire des effets importants pour l'Ircam. Si le chantier de l'Espro et les programmes européens ne sont pas impactés, en revanche, l'annulation de programmes artistiques/tournées/diffusions ainsi que les formations professionnelles entraîne des pertes directes pour l'Ircam ainsi que des pertes indirectes pour les compagnies et les intermittents.



# 2



## UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE STMS

---





## L'ACTIVITÉ RECHERCHE

### LES TUTELLES SCIENTIFIQUES DE L'UMR STMS



[www.stms-lab.fr](http://www.stms-lab.fr)

L'Ircam, association à but non lucratif reconnue d'utilité publique, est associée au Centre Pompidou et placée sous la tutelle du ministère de la Culture.

Le développement de liens structurels avec de grandes institutions de recherche et d'enseignement supérieur constitue pour l'Ircam une priorité destinée à promouvoir son inscription dans le paysage national et international de la recherche.

L'unité mixte de recherche STMS (Sciences et technologies de la musique et du son – UMR 9912) regroupe chercheurs et enseignants-chercheurs de l'Ircam, du CNRS et de Sorbonne Université autour d'un projet scientifique pluridisciplinaire.

Dans le cadre du CNRS, l'UMR est rattachée à titre principal à l'Institut des sciences et technologies de l'informatique et de ses interactions (INS2I) et à titre secondaire aux instituts INSIS (Sciences de l'ingénierie et des systèmes), INSHS (Sciences de l'homme et de la société) et INSB (Sciences biologiques). Dans le cadre de Sorbonne Université, elle est intégrée à la faculté d'Ingénierie – UFR 919 relevant du pôle de recherche Modélisation et ingénierie.

La période contractuelle en cours de l'UMR s'étend de janvier 2019 à décembre 2023. La nouvelle convention d'UMR est en cours de finalisation.

Directrice : Brigitte d'Andréa-Novel

Directeur adjoint : Jean-Louis Giavitto

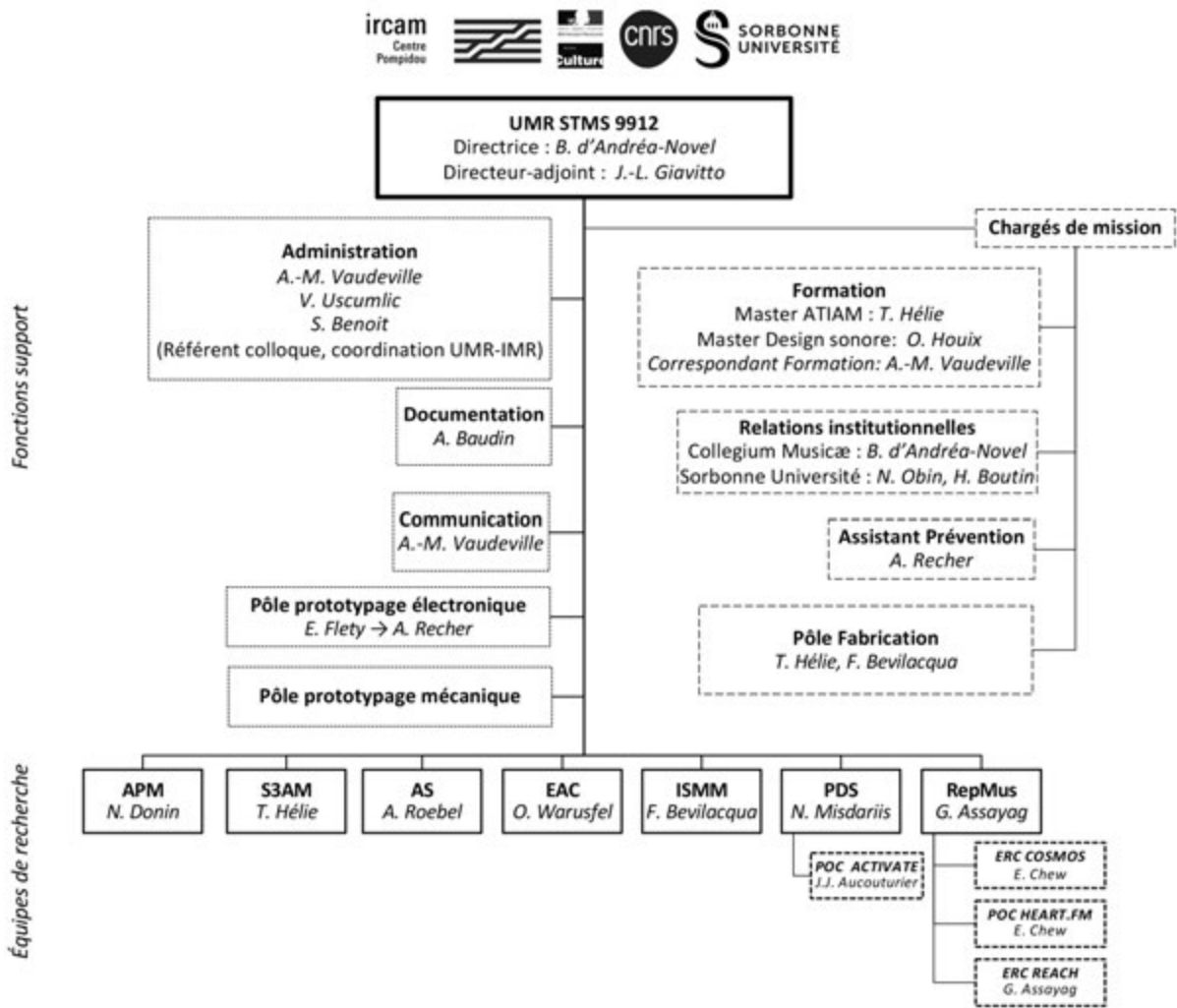
Durant ce nouveau quinquennal, les recherches s'articulent autour de trois thèmes :

- l'atelier du son
- le corps musicien
- les dynamiques créatives

et s'organisent en sept équipes :

- APM : Analyse des pratiques musicales
- A/S : Analyse et synthèse des sons
- EAC : Espaces acoustiques et cognitifs
- ISMM : Interaction son musique mouvement
- PDS : Perception et design sonores
- RepMus : Représentations musicales
- S3AM : Systèmes et signaux sonores : audio/acoustique, instruments

avec le support du Pôle ingénierie et prototypes et du Pôle mécanique.



## ÉQUIPE ANALYSE DES PRATIQUES MUSICALES (APM)

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques		Collaborations artistiques	
Chercheurs et ingénieurs statutaires	4	Revue à comité de lecture	10	Nationaux et régionaux : ANR JCJC	1	Bärenreiter Éditions RTP SON:S, Centre de recherches sur les arts et le langage (EHESS-CNRS) Circuit Musiques contemporaines (Presses Universitaires de Montréal) CIRMMT (McGill University, Montréal) Faculty of Music, Oxford University	Umlaut Quintet, ONCEIM B. Denzler J.-L. Guionnet Collectif Nothing (A. Agostini, D. Ghisi, E. Maestri, A. Sarto) Ensemble Le Balcon		
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	4	Conférences avec comité de sélection	1	Internationaux : Actor	1	Rencontres Recherche et création (Agence nationale de la recherche et Festival d'Avignon) Haute École de musique de Genève			
Doctorants	0	Ouvrages et chapitres	9	Contrats industriels	0	SOMBY Lab (Central Europe University, Budapest) Nova Universidade, Lisbonne Institut Max Planck for the History of Science (Berlin)			
Stagiaires	0	Thèses de doctorat et HDR	0						

Responsable : Nicolas Donin.

Chercheurs statutaires (4) : Clément Canonne (CNRS),

Laurent Feneyrou (CNRS), François-Xavier Féron (CNRS),

Fanny Gribenski (CNRS).

Chercheurs non statutaires (associés, post-docs),

chercheurs invités (4) : Alain Bonardi (U. Paris VIII),

Louise Goupil, Pierre Saint-Germier, Laura Zattra.

### ■ L'agentivité des objets techniques : des instruments aux environnements

#### Lutherie, hacking, performance

Clément Canonne a rédigé son manuscrit inédit d'Habilitation à diriger des recherches à partir d'un corpus d'une cinquantaine d'entretiens, réalisés entre 2017 et 2019, portant sur les activités de lutherie des improvisateurs. Le premier objectif de ces entretiens était de retracer les processus, à la fois artistiques et matériels, à l'œuvre dans leur activité de lutherie. Le second objectif était de tenter de comprendre ce qui fait un instrument *d'improvisation*, d'une part, en mettant au jour les logiques de création et les savoir-faire spécifiques qui présidaient à la constitution de tels dispositifs ; d'autre part, en analysant les usages que font les musiciens de leur instrument dans le temps de la performance. Le manuscrit qui en résulte se déploie en cinq chapitres. Le premier chapitre montre comment les opérations et les valeurs caractéristiques de « l'âge du faire » sous-tendent le travail de lutherie des improvisateurs, et analyse le lien qu'il y a entre ces opérations et les exigences particulières auxquelles doit répondre un instrument d'improvisation. Le deuxième chapitre se focalise sur le cas des instruments préparés, en montrant comment l'adjonction d'objets en vient à modifier en profondeur la nature des processus créatifs et cognitifs impliqués par l'instrument. Le troisième chapitre montre le rôle que joue le

travail de lutherie dans le modelage des circulations artistiques et institutionnelles d'un monde de l'art à l'autre. Le quatrième chapitre présente une étude de cas autour du Spat'sonore et analyse les stratégies utilisées par les musiciens pour construire quelque chose comme un instrument d'improvisation collectif. Le cinquième chapitre, enfin, contraste la lutherie des improvisateurs avec certaines pratiques de lutherie à l'œuvre chez les musiciens pratiquant l'interprétation historiquement informée.

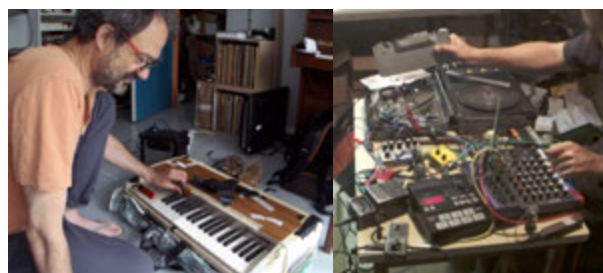


Figure 1. Jean-Luc Guionnet et son orgue Bontempi / Arnaud Rivière et son dispositif d'improvisation.

#### Le studio électroacoustique comme instrument et environnement sociotechnique

Par ce projet mené par Fanny Gribenski en collaboration avec Jonathan Goldman (université de Montréal) et João Romão (Humboldt Universität), nous interrogeons l'histoire des studios de musique électroacoustique au prisme des nombreuses circulations (de savoirs, de savoir-faire, de technologies, de modèles économiques, etc.) qui ont façonné leur histoire. En 2020, nous avons finalisé un numéro spécial de *Contemporary Music Review*, « Opening the Doors of the Studio ».



Figure 2. Clara Busson, dessin original pour la couverture du numéro « Opening the Doors of the Studio » de *Contemporary Music Review*, vol. 39 (2020).

### Accorder le monde

La détermination d'une mesure unifiée pour la musique a été l'objet de nombreux débats, au centre d'intenses négociations entre pays et domaines d'expertise. Reflets de l'importance de ces échanges et de ces pratiques, des archives et collections à travers le monde conservent une riche documentation remontant au début du XIX<sup>e</sup> siècle, qui permet de reconstituer les conversations et les pratiques qui ont mené à l'adoption du ton du diapason *la* 440 lors d'une conférence internationale organisée à Londres en 1939. Pour l'essentiel, ces sources sont demeurées inexplorées et aucune étude n'a jusqu'ici éclairé la création de cette mesure. À partir d'une combinaison de perspectives issues de la musicologie, des *sound studies*, de l'histoire transnationale et des études de sciences, cette recherche met en évidence les champs d'expertise et les acteurs impliqués dans la détermination de *la* 440, ainsi que les outils, stratégies et politiques déployées pour mesurer, contrôler et réguler les fréquences sonores. En 2020, Fanny Gribenski a finalisé le manuscrit de *Tuning the World*, une monographie à paraître chez University of Chicago Press en 2022, ainsi que cinq articles parus ou sous presse (dans les revues *Past and Present*, *Nineteenth-Century Music*, *Sound Studies*, *History of Humanities*, et pour un manuel intitulé *Music and STS*, à paraître chez Routledge).

### ■ Généalogie des sciences et technologies du son : savoirs et pratiques, du XIX<sup>e</sup> au XXI<sup>e</sup> siècle

#### Pouvoirs du son : musique et science en France au XIX<sup>e</sup> siècle

Ce projet éditorial dirigé par Fanny Gribenski et Jillian Rogers (Indiana University Jacobs School of Music) traite des rapports entre musique, science et pouvoir en France et dans ses colonies, durant le long XIX<sup>e</sup> siècle, c'est-à-dire de la Révolution à la Première Guerre mondiale. Il contribue ce faisant à un renouvellement de l'histoire du son, vers de nouveaux contextes culturels et dans la perspective d'une histoire politique et sociale. Au mois de décembre 2020, nous avons organisé un workshop en ligne pour partager et discuter du premier état des articles d'un numéro spécial du *Journal of Musicology* que nous soumettrons au mois de juillet 2021.



Figure 3. « Catalepsie provoquée par le bruit du diapason », Désiré-Magloire Bourneville et Paul Regnard, *Iconographie photographique de la Salpêtrière (service de M. Charcot)*, Paris : Aux bureaux du Progrès médical, 1876, vol. 3, p. 204.

### Phonétique en mouvement : le grand tonomètre de Koenig, de Paris à Prague

Projet mené en collaboration avec Pavel Sturm (Charles University, Prague) et David Pantalony (Ingenium-Canada's Museums of Science and Innovation, Ottawa), ce projet porte sur le transfert de technologies et de savoir-faire dans le domaine de la phonétique expérimentale entre la France et la République tchèque au début du XX<sup>e</sup> siècle. Fondée sur une enquête autour de la réplique pragoise d'un grand tonomètre du fabricant d'instruments scientifiques Rudolf Koenig, cette collaboration a fait l'objet d'une première communication lors du congrès annuel de la Society for the Social Study of Science (4S) au mois d'août 2020. Nous présenterons un nouvel état du projet lors du congrès annuel de la Scientific Instrument Society en juillet 2021, avant de soumettre un article à la revue *ISIS*.

### La fabrique de l'acoustique musicale en France depuis 1945

Ce projet vise à retracer l'histoire intellectuelle et matérielle des interactions entre art et science dans le domaine du son à Paris depuis 1945. À travers des entretiens semi-dirigés avec des représentants de diverses institutions dédiées à l'acoustique musicale (LAM, Ircam, GRM, Afnor, Radiodiffusion...), il s'agit de mettre en évidence les effets de réseau à une triple échelle locale, nationale et internationale. Par un recours à l'histoire orale comme contrepoint ou alternative au travail d'archive, ce projet vise à regrouper de nombreux témoignages venant compléter, voire déconstruire les grands récits tels que ceux produits par une histoire hagiographique de la création musicale et de l'innovation technologique, et

de mettre à disposition pour des recherches futures des entretiens et documents qui seront publiés en ligne sur la base de données Sound and Science: Digital Histories. En 2020, nous avons effectué une première série d'entretiens et avons déposé une candidature en réponse à l'appel à projet « Émergence » de Sorbonne Université.



Figure 4. Documents d'archives de Michèle Castellengo  
(© F.-X. Féron et F. Gribenski).

#### Analyse des pratiques du design sonore

Ce projet, mené en collaboration avec l'équipe PDS et financé par le LabEx CAP, s'est achevé par la rédaction d'un chapitre d'ouvrage (accepté en 2020, à paraître en 2021) destiné au manuel de référence sur le sujet : Michael Filimowicz (éd.), *The Routledge Handbook of Sound Design*. Nous y proposons une méthodologie de sondage (par questionnaire) des designers sonores sur les éléments constitutifs de leur profession, en organisant l'enquête autour des 3 « P » (People, Processes, Products) dans le sillage des travaux de Nigel Cross. Nous présentons les difficultés et les acquis de ce sondage, les outils associés (base de données et représentations cartographiques), ainsi qu'un ensemble de résultats significatifs susceptibles d'être corroborés par des recherches complémentaires.

#### ■ **Processus d'invention musicale : de l'analyse des sources à la recherche en art**

##### Émergence du langage sériel dans les *juvenilia* de Barraqué

L. Feneyrou a rédigé la préface et l'appareil critique de la partition de la cantate *La Nostalgie d'Arabella* de J. Barraqué (Bärenreiter), pour voix, trompette, percussion et piano, a collaboré avec G. Bourgogne (Ensemble Cairn) pour sa création du 3 février 2021 dans le cadre du festival Présences (Paris, Radio-France), et a produit les documents accompagnant cette création. L. Feneyrou a par ailleurs remis à l'éditeur (Delatour France) l'édition de la correspondance entre J. Barraqué et A. Hodeir, réalisée avec P. Fargeton (université de Saint-Étienne). Cette correspondance s'accompagne de la publication d'articles, publiés ou inédits, de A. Hodeir sur J. Barraqué, ainsi que de la transcription d'émissions de radio de l'un et de l'autre, conservées à l'Ina. Outre leur part esthétique, ces documents sont un témoignage sur les institutions radiophoniques,

discographiques, éditoriales ou concertantes, françaises et américaines principalement, au sein desquelles des musiciens – H. Crolla ou H. Rostaing par exemple – passent aisément de la variété au jazz et à la musique de la tradition la plus écrite.

#### Pratiques des notations musicales non standard

L'année s'est ouverte avec un workshop public (« Musiques/Multiples », 10 janvier) consacré à la notation musicale en collaboration avec quatre musiciens de l'ensemble Umlaut et le compositeur Karl Naegelen. Reprenant et transformant des protocoles travaillés en studio avec ces musiciens, de l'automne 2018 à l'été 2019, nous avons demandé aux improvisateurs : 1) de donner puis commenter plusieurs versions d'une brève partition verbale, *Affûté contre équivoque*, commandée à K. Naegelen pour l'occasion ; 2) de former deux duos : le premier a proposé une brève improvisation prise en notes par le compositeur en l'absence du second, puis ce dernier a déchiffré et interprété sur le vif la sténographie ainsi disponible. Le résultat est à la fois une sortie d'atelier de recherche, une performance expérimentale et un concert de création, alimentant une réflexion sur les fonctions de la notation musicale au croisement entre musicologie, critique génétique et histoire de l'art. Il devrait donner lieu à une publication dans *Music Theory Online* au sein d'une thématique en cours de soumission sous le titre « Alternative Literacies » (dir. C. Canonne, N. Donin et P. Saint-Germier). Parallèlement, Laura Zattra a mené à bien la publication d'un numéro de *Musica/Tecnologia* (codir. avec S. Alessandretti) sur le thème de la notation électroacoustique, interrogeant la sémiologie et l'ancrage sociotechnique des différentes notations en usage depuis les années 1960.

#### Recherche-action : le réseau thématique pluridisciplinaire SON:S

Le département INSHS du CNRS a mis en place en 2019 un réseau de recherche pluridisciplinaire sur le son dont la direction est confiée à Karine Le Bail (CRAL, CNRS-EHESS). L'équipe est représentée au bureau de ce RTP et est force de proposition pour plusieurs projets. En 2020 s'est poursuivi le projet « Le Plus beau son du monde » (démarré en automne 2019 lors d'une résidence à Royaumont) associant Nicolas Donin et le collectif Nothing (Andrea Agostini, Daniele Ghisi, Eric Maestri, Andrea Sarto) avec la réalisation de plusieurs maquettes sonores. Nous avons par ailleurs contribué à la conception du site internet <https://sons.cnrs.fr/> mis en ligne au printemps.

#### ■ **Improvisation musicale et action collective (projet ANR MICA)** Phénoménologie de l'improvisation collective libre

Clément Canonne, Louise Goupil, Gaëlle Rouvier, Pierre Saint-Germier et Diemo Schwarz ont réalisé une expérience avec deux ensembles d'improvisation (l'ONCEIM et le quartet UMLAUT) en février et juillet 2019. Le but en était triple : mettre à jour la manière dont le type d'action collective réalisée (en l'occurrence, le fait d'improviser collectivement) venait « colorer » la nature de l'expérience des agents ; analyser dans quelle mesure la taille du groupe impactait l'expérience phénoménologique des musiciens ; et étudier la manière dont les paramètres interactionnels de la situation en cours pouvaient moduler l'expérience individuelle des musiciens. Un

article a été soumis en septembre 2020 à la revue *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, et est actuellement en cours de révision. Deux conclusions principales s'en détachent. Premièrement, l'expérience phénoménologique des musiciens varie bel et bien en fonction des paramètres interactionnels : nous avons ainsi trouvé que les musiciens avaient un plus fort sentiment d'agentivité collective quand leurs intentions (le fait de vouloir changer la musique du groupe ou au contraire la maintenir) ou leurs actions (le fait de jouer ou de ne pas jouer) étaient corrélées ; de même, nous avons trouvé que les musiciens avaient un plus fort sentiment d'intégration quand leurs intentions ou leurs actions étaient simplement interdépendantes, mais pas forcément corrélées. En d'autres termes, le sentiment d'intégration et le sentiment d'agentivité collective semblent différer de manière cruciale dans la mesure où les musiciens pouvaient éprouver un sentiment d'intégration, même lorsqu'ils avaient des intentions et des activités sonores divergentes, à condition que ces intentions et activités sonores soient organisées de manière cohérente à l'échelle de la séquence, tandis qu'une condition plus stricte d'alignement (des comportements comme des intentions) semble avoir été nécessaire pour qu'un sentiment d'agentivité collective émerge. Deuxièmement, nous avons trouvé que la taille du groupe modulait clairement l'expérience phénoménologique des improvisateurs. En l'occurrence, les musiciens de l'ONCEIM se sentaient plus dépendants les uns des autres, moins capables d'influer sur le résultat global et, peut-être de manière plus surprenante, mieux intégrés les uns aux autres, et davantage susceptibles de s'identifier à un sujet collectif. En bref, le grand groupe – et la densité du réseau interactionnel qui l'accompagne – semble avoir généralement renforcé le sentiment de connexion entre les musiciens individuels et le groupe dans son ensemble, ce qui a eu un double effet contrasté sur leur phénoménologie : d'une part, ils ont éprouvé un sentiment de dépendance plus fort mais, d'autre part, ils ont également ressenti un niveau plus élevé d'identification au groupe.



Figure 5. Les musiciens de l'ONCEIM en train de visionner leur performance pour répondre au questionnaire « phénoménologique ».

### Théorie de l'action conjointe improvisée

Pierre Saint-Germier, Cédric Paternotte et Clément Canonne ont écrit un article, accepté par le *Journal of Social Ontology*, visant à confronter les théories philosophiques dominantes de l'action collective au cas de l'improvisation libre. Ils défendent dans cet article l'idée que l'improvisation libre est en fait un cas paradigmatique d'une classe d'actions plus large : les actions conjointes librement improvisées. Par exemple, quand nous décidons d'aller faire un tour à pied avec un ami, juste pour le plaisir de marcher ensemble, sans destination ou chemin spécifique à l'esprit, nous entreprenons une action de ce type. À un niveau général, ces actions se caractérisent donc par des objectifs très sous-déterminés et l'absence de plans partagés. L'article propose une analyse de ces actions qui repose sur deux ingrédients alternatifs : les intentions continuationnelles et les intentions proximales *ad hoc*. Pris ensemble, ces deux ingrédients permettent de rendre compte d'une forme minimale d'intentionnalité collective qui est à l'œuvre dans le cas des actions conjointes librement improvisées. Ce faisant, l'article s'inscrit dans la perspective d'un minimalisme « informationnel », en rendant compte de nos actions conjointes en situation d'incertitude maximale, quand l'information disponible au début de l'action est particulièrement pauvre. Prendre en compte le cas de l'improvisation libre permet ici de donner un contenu plus précis aux formes d'intentionnalité collective qui peuvent malgré tout se déployer dans les situations de haute incertitude épistémique.

### Séminaire « Faire de la musique ensemble : l'action conjointe au prisme des pratiques musicales collectives » (EHESS, octobre 2019-juin 2020)

Clément Canonne et Pierre Saint-Germier ont organisé le séminaire « Faire de la musique ensemble : l'action conjointe au prisme des pratiques musicales collectives », qui visait à élargir les questionnements théoriques du projet MICA au-delà du seul cas de l'improvisation. Ce séminaire interdisciplinaire, à la croisée des sciences sociales, de la philosophie et des sciences cognitives, se proposait en effet d'examiner ce que les pratiques musicales ont à nous dire de l'action collective, et réciproquement. À partir de l'examen de situations musicales envisagées comme autant de cas paradigmatiques, différents aspects de l'agentivité collective et de la cognition sociale ont été traités selon un découpage thématique : 1. Phénoménologie de l'action conjointe ; 2. Communication et pragmatique musicale ; 3. Coordination planifiée et coordination émergente ; 4. Improviser ; 5. Interaction et entraînement ; 6. Organisations et structurations ; 7. Artefacts, agents artificiels et extension cognitive.

### ■ **Musicologies contemporaines : ressources et critiques**

#### Analyses d'œuvres clés de la musique contemporaine

La base de données Analyses de l'Ircam (<https://brahms.ircam.fr/analyses/>) est une collection d'analyses musicales en ligne d'œuvres créées à l'Ircam et considérées comme représentatives de la culture de l'institut, tant sur le plan artistique que technologique. Codirigée par François-Xavier Féron et Alain Bonardi, cette base propose de nombreux exemples audio ou vidéo et commence à

Les mesures 41 à 50 correspondent à la première sous-section [Figure 28]. Ici, l'orchestration de T<sub>1</sub> est montrée en rouge alors que celle de S<sub>1</sub> est montrée en bleu. La transition entre ces deux situations harmoniques est rendue plus douce par des notes communes, dont la plupart sont jouées par des cuivres. D'autres aspects restent à clarifier. L'articulation dans les mesures 44-47 du marimba, du clavier II et des violons, mise en évidence en vert, est produite par l'inversion de la structure intervalle de l'agrégat T<sub>1</sub> [Figure 29].

**Table des matières**

**Introduction**

1. Résumé
2. Contexte
3. Influence des musiques pop-rock

**Présentation de l'œuvre**

1. Instrumentation
2. Structure et Matériau
3. Texte

**Description de la partie électronique**

1. Clavier 1 – synthétiseur
2. Clavier 2 – échantillonneur
3. Support quadraphonique

**Analyse de la section 1B**

1. Relation entre agrégats et spectres
2. Partie électronique
3. Première sous-section

**Analyse de la section 2A\***

1. Progression harmonique
2. Organisation temporelle
3. Partie électronique
4. Les deux premières étapes

**Analyse de la section 2C**

1. Construction harmonique
2. Partie électronique
3. La deuxième sous-section (accord AB2)

**Préservation et re-création**

1. Version 1996
2. Version 2021

Figure 6.  
Extrait de l'analyse  
d'*EnTrance*  
de Romitelli  
(© IRCAM).

intégrer des applications interactives invitant le lecteur à jouer avec certains traitements électroniques ou modes de synthèse. Un travail de restructuration a débuté en 2019 de manière à ce que cette base réponde aux exigences éditoriales d'une revue scientifique en ligne. L'analyse de *Prologue* de Gérard Grisey par François-Xavier Féron a été révisée et deux nouvelles analyses ont intégré le catalogue en 2020 : *Cassandra* de Michaël Jarrell par Giordano Ferrari et *EnTrance* de Fausto Romitelli par Alessandro Olto et Laurent Pottier.

#### Théories compositionnelles italiennes de la fin du xx<sup>e</sup> siècle

L. Feneyrou a remis à divers éditeurs la traduction et l'édition critique de l'essai *Parsifal à Venise* de G. Sinopoli et a rédigé une postface développée sur Sinopoli, psychiatre, compositeur (un temps proche de F. Donatoni), directeur d'institutions (Opéra de Rome, Staatskapelle de Dresde...), chef d'orchestre (de R. Wagner et R. Strauss, comme du répertoire contemporain), et archéologue, dans laquelle sont étudiés le rite, le mythe et le statut de l'irrationnel dans la création musicale des années 1970-1980. L. Feneyrou a par ailleurs remis aux éditions Contrechamps (Genève) un ouvrage d'analyse et de commentaire sur *Fragmente-Stille, an Diotima* de L. Nono, et a rédigé et publié un article portant sur la dimension baroque, leibnizienne, de l'œuvre de B. Maderna.

#### Cartographier les savoirs musicaux aujourd'hui

L'équipe est à l'origine de plusieurs initiatives visant à cartographier de façon critique les tendances actuelles du savoir musicologique :

- Animation d'un groupe de lecture : des textes rédigés par les membres de l'équipe ou choisis par eux dans la production des dernières années sont mis en discussion collectivement. Initialement limité aux membres actuels de l'équipe, ce groupe s'est élargi à d'autres collègues, ouvrant la voie à des collaborations plus formalisées sur les thèmes abordés en séance.
- Animation d'un nouveau séminaire à l'EHESS (deuxième

season) : « Musicologies contemporaines » propose des introductions à une douzaine de branches de la discipline musicologique telle qu'elle s'est développée au XXI<sup>e</sup> siècle, de l'histoire globale de la musique à la naturalisation de l'esthétique en passant par les *performance studies*.

- Axe 5 du Collegium Musicae : dans le cadre de la refonte des thèmes de recherche de cet institut de Sorbonne Université, Nicolas Donin et Anne Piéjus (IreMus) ont proposé la création d'un axe « Construction des savoirs musicaux ». Validé par le Conseil des parties prenantes en 2020, cet axe a vocation à soutenir des recherches réflexives sur les outils, paradigmes, infrastructures et produits de la musicologie (entendue en un sens large incluant technologie, recherche artistique, musicographie). Il a fait émerger plusieurs thématiques telles que l'histoire de l'acoustique ou les relations entre féminisme et composition musicale, qui donneront lieu à des projets sur financement en 2021.

#### Métaphysique de la musique

Pierre Saint-Germier et Clément Canonne ont écrit deux articles d'ontologie musicale (« Improvisation, Processes, and Actions », in A. Bertinetto et M. Ruta (dir.), *The Routledge Handbook of Philosophy and Improvisation in the Arts*, 2021 ; « Le processus mélodique. Essai d'ontologie musicale », in J.-M. Monnoyer (dir.), *Guide de métaphysique compréhensive*, à paraître) qui ont pour point commun de faire jouer la notion de processus, à différentes échelles : des développements temporels continus et aux contours flous qui caractérisent les concerts d'improvisation solo de Keith Jarrett jusqu'aux transformations plus ou moins importantes que subissent les mélodies lorsqu'elles font l'objet d'un acte de transmission. Ce travail pose les bases d'une approche processuelle des produits musicaux susceptible d'être élargie à une grande diversité de pratiques.



## ÉQUIPE ANALYSE ET SYNTHÈSE DES SONS (A/S)

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques		Collaborations artistiques	
Chercheurs et ingénieurs statutaires	3	Revue à comité de lecture	2	Nationaux et régionaux : ANR TheVoice ANR WASABI Région IdF MoVE ANR ARS	4	Apeira, Dubbing Brothers, CERTH (Greece) Flux (Orléans) FhG IDMT (Allemagne) ISIR/Sorbonne Université LAM/Sorbonne Université LIA (université d'Avignon) PSA (Paris) SACEM Université d'Huddersfield (Royaume-Uni) Université Lumière Lyon 2 Université Paris 8 Vincennes-Saint-Denis	M. Gentilucci F. Hecker J. Deschamps		
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	2	Conférences avec comité de sélection	11	Internationaux : FuturePulse AI4Media IRiMaS	3				
Doctorants	10	Ouvrages et chapitres	0	Contrats industriels	6				
Stagiaires	4	Thèses de doctorat et HDR	3						

Responsable : Axel Roebel.

Chercheurs et ingénieurs statutaires (3) : Frédéric Cornu, Remi Mignot, Nicolas Obin (SU).

Chercheurs non statutaires (associés, post-docs),

chercheurs invités (2) : Daniel Wolff, Elie Laurent Benaroya.

Compositrice/artiste invitée (1) : Marta Gentilucci.

Doctorants (10) : Frederick Bous, Hugo Caracalla, Guillaume Doras, Mireille Fares, Rafael Adelino Ferro Mendes, Hadrien Forougmand, Antoine Lavault, Clément Le Moine Veillon, Gabriel Messeguer Brocal, Waradon Phokhinanan.

### ■ Introduction

Les travaux de recherche en 2020 ont été marqués par l'avancée de nos recherches sur l'apprentissage profond. Plusieurs publications utilisant des algorithmes antagonistes (GAN) démontrent notre maîtrise de ces techniques devenues incontournables pour la synthèse et la transformation des signaux. Dans le contexte du projet **TheVoice**, nous avons fait des progrès très prometteurs en vue du remplacement de notre algorithme de conversion d'identité classique (CoVoC) par une approche entièrement fondée sur un réseau profond. Pour les utilisations artistiques, il est souvent crucial de préserver l'expressivité de la voix d'origine et aucun algorithme disponible dans la littérature ne le permet. En 2020, nous avons, en plus du contenu linguistique, pu établir un système qui préserve les durées des phonèmes (lip-sync). La prochaine étape visant à préserver l'intonation devra nous permettre d'utiliser les réseaux développés pour des applications dans des productions concrètes artistiques et cinématographiques, à un coût sensiblement inférieur à celui engendré par les productions antérieures.

Nous notons que la popularité de nos travaux antérieurs provoque plusieurs demandes de ce type par auxquelles nous ne pouvons pas répondre en raison du coût de travail manuel très élevé de la technique disponible auparavant.

Avec le projet **ARS**, commencé en janvier 2020, nous avons lancé des recherches sur un vocodeur neuronal à faible coût et haute qualité, un élément déterminant de l'impact de nos recherches sur la transformation et la synthèse de la voix. Ce vocodeur doit à terme remplacer les vocodeurs classiques (SuperVP et PaN) qui représentent encore actuellement les technologies fondamentales de nos contributions aussi bien aux productions artistiques de l'Ircam que pour la valorisation. En 2020, nous avons développé un premier vocodeur neuronal dérivé du modèle WaveGlow qui a été utilisé pour les études de conversion du locuteur. Si le coût de calcul semble acceptable, la qualité ne l'est pas, et les expériences très étendues effectuées en 2020 nous semblent indiquer que dans les modèles de l'état de l'art, l'absence de connaissances explicites sur le signal à générer est un problème central. Une conclusion similaire semble avoir été tirée dans l'équipe Magenta (Google) qui a récemment proposé DDSP. C'est une collection de modules/éléments/composants connus et fréquemment utilisés pour la synthèse de sons et ces composants sont différentiables, ils peuvent donc être intégrés dans les réseaux profonds (où la différentiabilité est une condition). Ces observations nous confortent dans notre stratégie d'intégrer des connaissances en traitement du signal avec les techniques d'apprentissage profond afin de pouvoir obtenir des solutions de meilleure qualité sans le coût de calcul exorbitant du WaveNet.

### Production artistique

À la suite de la résidence comme compositrice en recherche de Marta Gentilucci en 2017 visant à développer des méthodes pour la manipulation du vibrato, et à deux années de collaboration supplémentaires, l'année 2020 a finalement vu se réaliser une création de son œuvre *Canzoniere* lors du festival ManiFeste dans lequel elle a mis en valeur avec succès les technologies développées.

La collaboration avec Florian Hecker (compositeur en recherche 2016) s'est poursuivie en 2020 avec l'objectif d'utiliser les méthodes de synthèse de textures fondées sur les statistiques extraites des couches de réseaux CNN pour une installation artistique en 2021. Le logiciel développé dans ce cadre offre des possibilités novatrices d'analyse/re-synthèse/hybridation de sons et sera mis à disposition dans le Forum Ircam en 2021.

Après deux années de discussions avec l'artiste pluridisciplinaire Judith Deschamps, et soutenus notamment par les avancées obtenues avec les projets **TheVoice** et **ARS**, nous avons pu finaliser avec succès une demande de résidence avec l'artiste. Cette nouvelle résidence nous permettra d'expérimenter des algorithmes de conversion d'identité et du vocodeur neuronal pour la création d'une voix *Farinelli* artificielle.

### Financement et valorisation

Nous avons obtenu un nouveau financement lié au projet européen **AI4Media**. Dans ce projet, nous allons étudier notamment la technologie DDSP pour la synthèse MIDI augmentée. Nous avons également pu répondre à de nombreuses demandes de la part d'Ircam Amplify, dont beaucoup gérées avec succès par notre développeur Frédéric Cornu. Grâce à l'arrivée de Frédéric Amadu, CTO chez Ircam Amplify, la communication et la collaboration sont devenues plus faciles. Nous avons de plus répondu avec succès à une demande d'expertise audio de la police judiciaire de Nantes avec une technologie faite sur mesure permettant le nettoyage d'un enregistrement audio.

### ■ Le traitement de la musique

#### Estimation du tempo et du genre musical

Thèse d'Hadrien Foroughmand, projet H2020 Future Pulse.

Afin d'améliorer l'estimation du tempo, deux approches ont été ajoutées à la méthode « Deep Rhythm » : la première consiste à sélectionner le tempo qui a sa probabilité maximale sur le temps le plus fort ; la seconde utilise un réseau convolutionnel complexe permettant de conserver la synchronisation temporelle des bandes de fréquences. Pour l'amélioration de la classification en styles rythmiques, un second réseau du type VGG est mis en parallèle au réseau de Deep Rhythm, afin de tenir compte des informations du timbre. Nous avons testé une approche multisortie afin de prédire le tempo et le genre rythmique avec un seul modèle. Enfin, nous avons mis en place un paradigme de « metric learning » pour l'analyse de la similarité rythmique. Le travail s'est terminé par la rédaction du rapport de thèse.

### Identification de reprises musicales

Thèse de Guillaume Doras, CIFRE SACEM.

Ce travail de thèse portait sur l'identification de reprises musicales, qui consiste à estimer si un morceau donné est une reprise d'un morceau original, antérieur. Les travaux effectués pendant l'année 2020 ont consisté à confirmer que la mélodie et l'harmonie sont deux dimensions fondamentales permettant de relier deux reprises entre elles. Un réseau de neurones profonds a donc été conçu et entraîné pour apprendre une mesure de similarité entre morceaux musicaux à partir de leurs représentations mélodique et harmonique, elles-mêmes obtenues à partir des travaux précédents effectués pendant la thèse. Le reste de l'année a été consacré à la rédaction du rapport et la soutenance de la thèse.

### Analyse des dégradations audio

Post-doc de Daniel Wolff.

En 2020, nous avons amélioré les méthodes de détection d'artefacts audio du type « glitch », basées sur une architecture « Wave-U-Net » modifiée. Aussi, nous nous sommes concentrés sur la détection de deux dégradations supplémentaires : les « dropouts » et les « clics ». Pour ces nouveaux artefacts, nous avons développé une nouvelle méthode d'augmentation de données. Les artefacts synthétiques sont insérés directement dans l'audio, et des transformations sonores, telles que la réverbération ou la compression MP3, sont ensuite ajoutées afin de simuler des traitements audio réels. Pour les « dropouts », nous avons mis en place la méthode des « residual connections » pendant l'apprentissage du réseau de neurones, et la résolution temporelle en sortie a été réduite afin de supprimer la sensibilité aux variations d'un délai temporel introduit par l'augmentation de données, et nous avons ajouté des données audio à des taux et des qualités de compression différents. En vue d'une commercialisation, une sélection des algorithmes a été intégrée dans un format distribuable.

### Apprentissage multimodal : parole et audio

Thèse de Gabriel Meseguer-Brocal, projet ANR WASABI.

Les travaux ont principalement été consacrés à la soutenance de la thèse en début d'année.

### Licences d'analyses d'enregistrements musicaux

Rémi Mignot.

Les activités de recherche et de développement d'analyse audio dans le cadre de contrats commerciaux se sont poursuivies en 2020, avec par exemple Universal Music Group. Plusieurs apprentissages automatiques ont été réalisés sur des ensembles de morceaux annotés en couleurs sonores, émotions, genres musicaux, activités, et ensembles instrumentaux. Pour la tâche « Activité », qui correspond au contexte où un morceau peut être écouté, la difficulté a été que les données ne présentaient que des exemples positifs pour chaque attribut, et aucun exemple négatif pourtant nécessaire avec les méthodes classiques. Pour résoudre le problème, nous nous sommes inspirés des approches de « Positive and Unlabelled Learning » qui utilisent un grand jeu de données non annotées pour compenser l'absence de données négatives. Un problème similaire

s'est posé avec les émotions, mais nous avons dans ce cas mis en place une approche différente profitant du fait que des émotions peuvent être contraires les unes des autres, au sens strict ou au sens large.

#### Synthèse de la batterie par réseaux génératifs profonds

Thèse d'Antoine Lavault, CIFRE Apeira.

Pour la synthèse de la batterie, la voie des GANs (réseaux génératifs antagonistes) a été suivie. En particulier, le réseau formant l'état de l'art pour la génération des images en haute résolution a été adapté pour la génération audio dans le domaine temporel. Pour contrôler la synthèse avec un nombre limité de paramètres, une supervision a été utilisée : le type de fût à synthétiser ainsi que des paramètres perceptifs de haut niveau AudioCommons, réimplémentés pour une intégration « white box » dans l'entraînement du GAN.

Pour augmenter la variabilité des données, un pipeline d'augmentation a été conçu et surtout une base de données ad hoc est en cours de traitement. Elle compile les informations audio et de vélocité via des capteurs piézoélectriques et accélérométriques. L'accent a été mis sur une variété maximale pour obtenir une base représentative des instruments composant une batterie.

#### ■ Le traitement de la voix

##### Alignement avec des réseaux profonds

Thèse de Yann Teytaut, projet ANR ARS.

Le travail a porté sur les problématiques d'alignement automatique entre des enregistrements sonores avec voix et textes correspondants à l'aide de réseaux neuronaux profonds. L'approche retenue permet une grande flexibilité pratique : 1) les bases de données d'apprentissage n'ont pas besoin d'être alignées ; 2) tout type de séquences (phrases, mots, phonèmes, notes, MIDI) peut être envisagé d'être aligné. Dans ce contexte, nous nous sommes d'abord focalisés sur la tâche d'alignement phonétique, complexe de par la haute précision temporelle nécessaire à sa réalisation. Nous avons exploré la littérature scientifique associée, les architectures neuronales et autres pistes d'investigations (mécanisme d'attention, entraînement multitâche), afin de proposer un prototype qui, à ce jour, atteint des performances certes inférieures à l'état de l'art, mais dont nous comprenons de mieux en mieux le fonctionnement, et que nous continuons d'améliorer.

##### Conversion neuronale de l'identité vocale

Thèse de Rafaël Ferro, projet ANR TheVoice.

Réalisation d'un système neuronal de conversion de l'identité vocale à partir de bases de données non parallèles. Les travaux ont consisté en la réalisation d'une solution pour résoudre les problèmes de stabilité inhérents à l'apprentissage de réseaux génératifs antagonistes (GAN) dans le cadre de la VC par cycle-GAN. La solution réalisée repose sur l'idée de ne pas pénaliser également tous les échantillons produits par le générateur, en introduisant une pondération des échantillons en fonction de leur distance à la frontière de décision du discriminateur. Cette solution, utilisée à la fois pour l'optimisation du générateur et du discriminateur, a été comparée avec des algorithmes existants.

##### Modélisation générative des attitudes de la voix

Thèse de Clément Le Moine, projet PhD2/IDF MoVE.

Poursuite des travaux sur la transformation des attitudes de la voix en se focalisant sur : 1) l'utilisation de la « Continuous Wavelet Transform » comme représentation multiniveau de la FO, 2) l'apprentissage des transformations via des réseaux de neurones génératifs antagonistes. Réalisation d'un système end-to-end pour la conversion de la FO permettant d'optimiser conjointement l'apprentissage de représentations de la FO et celui des transformations. Validation expérimentale de ce système sur la base Att-HACK et comparaison avec des approches connues de la littérature.

##### Transformation de la voix par réseau profond

Thèse de Frederick Bous, contrat doctoral Sorbonne Université.

Une méthode d'entraînement semi-supervisée pour l'extraction des signaux du pouls glottal de la parole a été développée et publiée à Eusipco 2020 (28th European Signal Processing Conference). En outre, une étude approfondie sur l'inversion des spectrogrammes en échelle Mel a été réalisée. Pour l'inversion des spectrogrammes Mel, nous avons étudié le modèle WaveGlow afin de réduire le coût de calcul et la durée de l'apprentissage, et surtout des méthodes permettant de produire un modèle générique qui n'est pas spécialisé pour un seul locuteur. D'autres recherches ont porté sur des modèles générateurs avec GAN (MelGAN) et des synthétiseurs classiques différentiables (DDSP) avec des paramètres de synthèse produits par des réseaux de neurones à partir du spectrogramme en échelle Mel.

##### Conversion de l'identité vocale

Post-doc : Laurent Benaroya, stage : Yujia Yang, projet ANR TheVoice.

Le travail de l'année a comporté : a) la ré-implémentation d'un système de conversion neuronale de l'identité vocale à partir d'une architecture d'auto-encodage séquence-à-séquence et l'apprentissage de représentations démêlées du contenu textuel et de l'identité du locuteur par apprentissage antagoniste ; b) la réalisation d'une version permettant la conversion de l'identité synchrone temporellement à la voix source ; c) des améliorations pour la conversion par transfert d'une voix entre deux langues différentes, et la conversion du genre de la voix par démêlage de l'information d'identité et du genre avec cascade d'apprentissage antagoniste.

##### Compositeur en résidence

Judith Deschamps, Frederik Bous, Axel Roebel.

La résidence a pour but de reproduire le chant *Quell'usignolo che innamorato (Ce rossignol qui est en amour)* composé par Giacomelli, que le castrat italien Farinelli aurait performé pour le roi d'Espagne Philippe V toutes les nuits, sur une période de dix ans, afin de calmer sa mélancolie. Dans la continuité du projet de recréation de la voix de Farinelli par l'Ircam en 1994, cette résidence s'appuiera sur les avancées du traitement du signal vocal et de l'apprentissage profond, en expérimentant avec les techniques développées dans le projet ARS et dans la thèse de Frederik Bous, afin de produire un chanteur hybride intégrant quatre chanteurs individuels (ténor,

contreténor, soprano et soprano enfant) chantant différents segments de ce chant.

#### Séparation du chant

Stage : Ziqi Gong, Robin In ; encadrement : Axel Roebel, Daniel Wolff, projet ANR ARS.

Dans le contexte du projet ARS, nous devons séparer le chant de la musique de fond afin de mieux pouvoir analyser le style de chant employé. En continuant les travaux effectués en 2019, nous avons essayé en 2020 plusieurs stratégies d'augmentation de base de données afin d'améliorer les résultats obtenus, donc sans utiliser plus d'exemples dans la base d'apprentissage, et proposé une modification des réseaux afin d'améliorer la performance. Même si nous avons pu améliorer légèrement nos résultats de séparation, nous restons encore loin des résultats connus de la littérature qui, eux, en revanche, utilisent en général des réseaux plus grands ou des bases de données avec des exemples supplémentaires.

#### ■ **Le traitement de sons d'environnement**

##### Synthèse de textures sonores, applications à la musique

Axel Roebel, Florian Hecker.

La méthode de représentation et transformation de sons par statistiques des activations dans des couches CNN, initialement développée dans le cadre de la thèse d'Hugo Caracalla (soutenue en 2019), a été améliorée et intégrée dans une application de type ligne de commande qui sera distribuée au Forum en 2021 sous le nom Xtextures. Des méthodes de synthèse croisée entre des sons arbitraires ont été implémentées et cette méthode est actuellement expérimentée pour une application dans une installation de Florian Hecker prévue pour 2021.

## ÉQUIPE ESPACES ACOUSTIQUES ET COGNITIFS (EAC)

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	4	Revue à comité de lecture	5	Nationaux et régionaux ANR HAIKUS ANR RASPUTIN Fondation pour la vision et l'audition	3	Aalto Helsinki (FI) Antescofo (FR) ARI-ÖAW (AUT) ENJMIN-CNAM (FR) HiSOMA (FR) IRBA (FR) LAM-IJLRA (FR) LORIA (FR) MPIA-IJLRA (FR) New York University (USA) RWTH Aachen (DE) Université de Lille (FR)	N. Barrett T. Coduys A. Einbond V. Isnard Y. Maresz T. N'Guyen F. Nicolas N. Schütz
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	5	Conférences avec comité de sélection	5	Internationaux	0		
Doctorants	5	Ouvrages et chapitres	2	Contrats industriels: Amadeus Flux	2		
Stagiaires	1	Thèses de doctorat/ HDR	0				

Responsable : Olivier Warusfel.

Chercheurs et ingénieurs statutaires (4) : Thibaut Carpentier (IR-CNRS),

Markus Noisternig (CR), Isabelle Viaud-Delmon (DR-CNRS),

Olivier Warusfel (CR).

Chercheurs et ingénieurs non statutaires, chercheurs invités (5) :

Benoît Alary (Aalto), Marta Gospodarek (N. Y. Univ.), Lise Hobeika (univ.

Lille), David Poirier-Quinot, Marine Taffou (IRBA).

Compositeurs/artistes invités (3) : Vincent Isnard, Trami N'Guyen,

Nadine Schütz.

Doctorants (5) : Franck Elizabeth (Sorbonne Université), Pierre Massé

(Sorbonne Université), Vincent Martin (ENS/Sorbonne Université),

Anatole Moreau (Sorbonne Université), Franck Zagala (Sorbonne Université).

L'activité de recherche de l'équipe s'organise autour de la notion d'espace dans sa manifestation sonore réelle ou virtuelle et ses liens avec la cognition. Les recherches et développements sur les technologies de restitution sonore se concentrent sur l'analyse-synthèse de champs sonores et les technologies binaurales. Parallèlement, l'équipe consacre un volet d'études à l'interaction audition-proprioception pour un développement raisonné de nouvelles médiations sonores basées sur l'interaction corps/audition/espace.

Sans suspendre totalement les activités de recherche, la crise sanitaire de 2020 a eu un impact significatif sur l'équipe. En premier lieu, les études expérimentales (cognition spatiale) ont naturellement subi des retards et ont dû être partiellement transposées sous forme de tests en ligne (thèse V. Martin) avec leur cortège de difficultés de mise en œuvre (notamment en termes de contrôle des conditions de test). Nos collaborations artistiques ont également été affectées (source à directivité contrôlée pour les créations de Yan Maresz et François Nicolas). Plus globalement, l'ensemble de l'activité a été ralentie, les outils de communication ne permettant pas les interactions informelles quotidiennes.

L'année 2020 s'est centrée sur les travaux des thèses encadrées ou co-encadrées dans l'équipe (P. Massé, V. Martin, F. Zagala, M. Gospodarek et A. Moreau). Les recherches et développements autour de la modélisation acoustique temps réel (projet RASPUTIN) se sont concrétisés récemment avec l'intégration du modèle de radiosité (hypothèse de réflexions diffuses) et du contrôle de la directivité des sources (sur un modèle de formation de voie dans le domaine HOA). Ces avancées seront non seulement utiles dans le cadre du projet RASPUTIN mais également pour les travaux de recherche sur la réalité augmentée auditive (thèse de V. Martin et M. Gospodarek). Le projet HAIKUS a vu le recrutement d'un nouveau doctorant qui travaillera sur l'individualisation des HRTFs par selfies binauraux.

Les travaux menés sur l'analyse-synthèse de réponses impulsionnelles directives ont atteint une grande maturité et se sont concrétisés par la publication de différents articles de journaux. Ils permettent de mettre sur pied un travail complémentaire pour l'élaboration d'une base de données de toutes les campagnes de mesures de DRIRs collectées à l'Ircam. L'objectif, à terme, est de faciliter l'exploitation de cette base dans le cadre de recherches scientifiques ou de créations artistiques. L'idée est de proposer différentes modalités de navigation, soit sous forme de sélection dans le catalogue des DRIRs, soit sous forme graphique pour se déplacer virtuellement entre les différents points source ou récepteur au sein de la campagne de mesures pour un site donné.

Les opérations de valorisation se sont concentrées sur les développements informatiques avec les partenaires Amadeus (Holophonix), Flux:: (Spat Revolution).

### ■ Analyse-synthèse de DRIR

L'analyse et le traitement de réponses impulsionnelles spatiales ou directionnelles (SRIR/DRIR) est la thématique de recherche centrale de la thèse de doctorat de Pierre Massé, entamée en octobre 2018. En 2020, ce travail s'est focalisé sur l'identification et l'analyse de différentes propriétés temps-fréquence-espace des SRIRs, suivant la modélisation développée en première partie de thèse. Un travail a été mené sur le formalisme mathématique sous-jacent de ce modèle afin de s'assurer de sa robustesse et de sa validité théorique. Ce formalisme a été conçu pour pouvoir analyser des SRIRs qui ne respectent pas toujours les hypothèses régulièrement admises en acoustique des salles, notamment en ce qui concerne l'isotropie et l'homogénéité de la distribution d'énergie du champ de réverbération tardif. Il prend la suite du travail effectué en 2019 sur l'analyse des SRIRs par décomposition en ondes planes (PWD) qui a fait l'objet d'un article paru dans la revue *Applied Acoustics* (P. Massé *et al.*, 2020b). Plus généralement, cela représente une extension des méthodes d'analyse et de débruitage appliquées directement dans le domaine des harmoniques sphériques (la représentation spatiale à la base du format HOA), qui sont, elles, intrinsèquement limitées au cas d'un champ de réverbération tardif isotrope (ou diffus) et qui avaient également fait l'objet d'un article paru dans la revue *JASA* (P. Massé *et al.*, 2020a). Cette évolution vers une modélisation « directionnelle » permet donc de traiter des champs tardifs anisotropes et a été évaluée sur un ensemble de mesures réalisées dans des espaces « atypiques » du point de vue acoustique tels que des espaces semi-ouverts, couplés, ou aux propriétés d'absorption très inhomogènes. Ces travaux ont été présentés au Forum Acusticum en décembre 2020 (P. Massé *et al.*, 2020c).

La collaboration avec Benoit Alary, doctorant à l'université d'Aalto (Helsinki, Finlande), autour de l'analyse de la directivité de champs tardifs anisotropes s'est poursuivie en 2020 avec la réalisation d'une étude perceptive visant à vérifier l'audibilité de l'anisotropie observée dans des espaces réels. Utilisant un ensemble de quatre DRIRs choisies dans la base de données de l'équipe et présentant différents degrés d'anisotropie, ainsi qu'une réponse « référence » synthétisée de manière parfaitement isotrope, un test ABX a été conçu et mené sur un dôme HOA dans un studio anéchoïque à l'université d'Aalto. Six stimuli différents ont été sélectionnés et pré-convolués avec chacune des cinq DRIRs afin d'en faire ressortir différentes caractéristiques à chaque évaluation. Ces évaluations consistaient à identifier une référence X parmi deux choix possibles (A et B), où l'un des deux choix avait subi une rotation du champ de réverbération tardif de  $135^\circ$ . Une DRIR parfaitement isotrope devrait alors donner un taux d'identification proche de la chance, tandis que plus le champ tardif est anisotrope, plus le taux d'identification devrait être élevé. Des résultats concluants ont mené à la rédaction et à la soumission d'un article pour *JASA* actuellement en seconde relecture. Si ce travail représente une première validation globale des techniques d'analyse décrites ci-dessus, l'objectif pour 2021 et la fin de la thèse consistera à développer des évaluations plus particulières pour différents aspects du modèle afin de garantir sa robustesse.

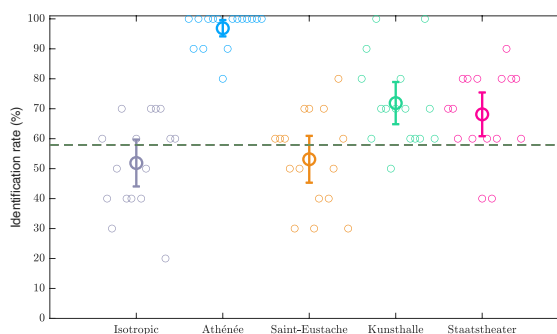


Figure 1. Taux d'identification de la rotation du champ réverbéré tardif pour un ensemble de salles présentant différents degrés d'anisotropie.

Enfin, dans l'optique d'obtenir une modélisation temps-fréquence-espace de SRIRs la plus complète possible, le travail entamé en 2019 sur la détection de réflexions précoces a aussi été poursuivi en 2020 avec l'implémentation de différentes stratégies de localisation de sources, ce qui mènera en 2021 à une évaluation comparative sur des mesures simulées par méthodes d'images-sources.

### ■ Auralisation de salle en temps réel et modèle de radiosité

L'objectif du projet RASPUTIN, mené en collaboration avec l'Institut Jean Le Rond d'Alembert (Sorbonne Université/CNRS), est de développer un moteur de rendu audio réaliste et temps réel d'une salle (auralisation). L'application envisagée s'adresse aux personnes atteintes de déficiences visuelles. L'enjeu est de permettre à un utilisateur non voyant d'explorer un lieu ou un site en RV (réalité virtuelle) et y prendre ses repères préalablement à sa visite in situ. Le moteur d'auralisation s'appuie sur une évolution de la bibliothèque de spatialisation temps réel Spat- en y intégrant un module de modélisation acoustique Evertims développé conjointement par les partenaires du projet. Contrairement au module conventionnel de réverbération du Spat-, basé sur un réseau de retards rebouclés (FDN) et un contrôle perceptif, Evertims repose sur la simulation de la propagation acoustique dans un modèle numérique de l'édifice décrit par ses paramètres architecturaux.

Après avoir posé les fondations du module en 2019 (création de scènes 3D, protocoles de communications, premières simulations acoustiques), les développements de 2020 se sont concentrés sur deux points : la validation des simulations acoustiques et la mise au point de méthodes de rendu permettant d'assurer des auralisations réalistes en un temps « interactif » (proche du temps réel).

Dans le cadre de la thèse de Franck Zagala, le développement du moteur de simulation nous a poussés à nous intéresser à la manière dont la réverbération tardive pouvait être simulée de manière efficace et articulée avec la simulation des réflexions précoces déjà implémentée. Un modèle de radiosité acoustique a ainsi été développé. Il permet de paramétrer un réseau de filtres récursifs (FDN) et de simuler en temps réel une réverbération dont les propriétés spatiales et temporelles dépendent de la position de la source et du récepteur.

### ■ Individualisation d’HRTF sur la base de critères anthropométriques

Cette étude s’inscrit dans le projet ANR RASPUTIN de la thèse de Franck Zagala. L’idée de cette étude était de proposer de nouvelles distances morphologiques entre sujets et d’établir un éventuel lien avec la capacité d’un sujet à localiser des sources virtuelles en utilisant les HRTFs d’un autre sujet.

Des investigations préliminaires avaient conclu que la représentation de la morphologie d’un sujet dans un espace vectoriel caractérisé par des distances euclidiennes entre des « points clefs » identifiés sur les oreilles, ne permettait pas de faire apparaître une quelconque corrélation entre les performances de localisation et la similarité morphologique des sujets. Pour cette raison, de nouvelles distances morphologiques se basant en partie sur la représentation de la géométrie des oreilles par des lignes polygonales ont été proposées. Ces chaînes polygonales étaient ensuite comparées entre sujets grâce à des distances issues du « dynamic time warping ». Là encore, aucune corrélation significative n’a pu être observée.

### ■ Bibliothèque de modèles 3D de salles

De sorte à valider les différents modèles d’auralisation et de rendu acoustique pour la réalité augmentée présentés ci-dessus, une base de données de modèles 3D de salles se constitue progressivement. Sont privilégiés, dans un premier temps, les salles ou sites pour lesquels nous disposons en parallèle de campagnes de mesures de DRIRs.

### ■ Modélisation de la distance sonore en réalité augmentée

Ce travail s’inscrit dans le cadre de la seconde année de thèse de doctorat de Vincent Martin, intitulée « Influence et interactions des facteurs visuels sur l’expérience acoustique », et consacrée à la modélisation et la perception spatiale dans le contexte de la réalité augmentée auditive. Dans un tel contexte, où l’environnement réel est enrichi par un ensemble d’événements sonores virtuels, une problématique importante est de garantir la cohérence de la perception spatiale de ces événements sonores virtuels et des sources sonores réelles ou ancres visuelles présentes dans la salle. Assurer cette cohérence nécessite, en particulier, le choix d’un modèle de gestion

de l’effet de distance sonore et l’accès à des informations sur les propriétés acoustiques de la salle.

Au cours de la première année, un modèle informé par la mesure d’une réponse impulsionnelle directionnelle unique a fait l’objet d’une évaluation par test perceptif. L’évaluation de ce modèle pour le rendu de la distance sonore a fait l’objet d’un article présenté au Forum Acusticum 2020. Il a été montré que ce modèle présente les mêmes performances que des stimuli de références générées par des réponses impulsionnelles mesurées dans la salle.

L’objectif d’une seconde étude était d’évaluer l’influence de conditions visuelles et acoustiques, non cohérentes avec le traitement de spatialisation des stimuli, sur les performances perceptives de ce modèle de distance sonore. Plus généralement, cette seconde étude a pour but d’évaluer l’importance de ces deux facteurs sur la perception de la distance sonore dans un scénario de réalité augmentée. Compte tenu des conditions sanitaires, cette étude a fait l’objet d’un protocole de test perceptif développé pour un déploiement sur la plateforme de test en ligne Pavlovia. En décembre 2020, 120 participants ont été recrutés au cours de deux sessions via la plateforme de recrutement pour expériences en ligne Prolific. De manière similaire à la première évaluation perceptive du modèle réalisée en 2019, les participants étaient placés dans une situation de réalité augmentée sonore dans laquelle ils devaient juger la distance de stimuli sonores générés par différents modèles. Les participants devaient également fournir des informations sur les dimensions de la salle dans laquelle il se trouvaient ainsi que la distance par rapport au mur le plus proche. Ces informations permettent d’évaluer l’influence de la condition visuelle ainsi que du volume de la salle sur la perception de la distance sonore de ces participants.

L’analyse statistique des résultats collectés sur l’ensemble des participants démontre l’influence de ces deux facteurs sur l’effet de compression généralement observé sur la perception de la distance auditive. Les critères jugés dans l’analyse sont la distance moyenne perçue, la variabilité inter-sujets et intra-sujet. Les résultats de cette étude font actuellement l’objet de la rédaction d’un article de revue.

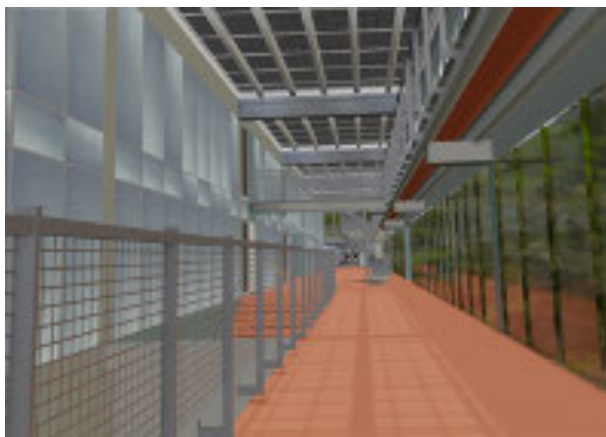


Figure 2. Deux modèles 3D de salles. À gauche, la galerie de l’Ircam. À droite, la salle Cassini de l’Observatoire de Paris (©David Théry).

### ■ Influence de la distance sonore sur l'intégration multisensorielle

Dans le cadre de la collaboration avec l'IRBA, une série d'études est menée afin de comprendre l'interaction entre la distance d'une source sonore en mouvement et la détection d'une cible dans une autre modalité sensorielle. La variation de la rapidité de détection d'une cible non auditive permet de déterminer la taille de l'espace péripersonnel. Cet espace est important pour protéger l'intégrité du corps et a un rôle social déterminant la distance acceptable entre deux personnes, selon le contexte social et émotionnel. Nous avons montré que les caractéristiques du son en mouvement influencent l'intégration sensorielle. Un son rugueux est accompagné d'une détection plus efficace d'un stimulus tactile qu'un son non rugueux. Ce résultat suggère que la rugosité auditive est un trait inné lié à la dangerosité (Taffou *et al.*, 2021).

Le travail de thèse de Franck Elisabeth, dirigée par Guillaume Andéol (IRBA), Clara Suied (IRBA) et Isabelle Viaud-Delmon, étudie la pertinence du trait auditif de rugosité combiné au mouvement sonore pour alléger la charge cognitive dans les situations d'alerte et améliorer les alarmes (surdité attentionnelle).

### ■ Rendu acoustique de sources virtuelles

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la thèse de Marta Gospodarek de New York University qui bénéficie d'une bourse Chateaubriand pour un séjour de recherche dans l'équipe. L'objectif est de comparer différents facteurs influençant la qualité du rendu acoustique de sources virtuelles dans un contexte de réalité virtuelle augmentée. À cette fin, nous comparons les mérites de trois approches concurrentes pour la modélisation de l'acoustique du lieu réel. La première approche recourt à la modélisation 3D offerte par l'environnement d'auralisation Spat/Evertims (cf. plus haut). La deuxième s'appuie sur le modèle perceptif du spatialisateur, informé par la mesure de différents indices acoustiques relevés dans la salle. La troisième consiste à capter une ou plusieurs réponses impulsionnelles directionnelles (mesurées avec le microphone EigenMike® de mh acoustics) et à leur appliquer différentes transformations de sorte à moduler la position relative de la source et de l'auditeur.

### ■ Réalité virtuelle et interaction vocale

Ce travail, qui a débuté à l'Ircam en 2019 avec la résidence artistique de Vincent Isnard et Trami N'Guyen, a permis d'étudier un nouveau mode d'interaction lors de l'immersion dans un environnement virtuel panoramique (vidéo 360°). La voix y est manipulée pour provoquer des événements favorisant l'interactivité, et par conséquent l'immersion et la qualité de l'expérience en RV. Les transformations vocales originales de la propre voix du participant, incarnant directement un personnage de la fiction comme une nouvelle source narrative, pourraient amplifier le ressenti de l'expérience en s'ajoutant au monde virtuel à explorer.



Figure 3. Modélisation du studio 5 dans lequel se déroule l'étude comparative des différents modèles de rendu acoustique (© David Théry).

### ■ Production Ambisonics et écriture de l'espace

Le spatialisateur (Spat-) est une bibliothèque d'outils dédiés à la spatialisation sonore, la réverbération artificielle et la diffusion multicanale. La bibliothèque est développée depuis de nombreuses années par l'équipe EAC, et elle agrège en continu les principaux résultats de recherche. En 2018, une révision majeure de l'environnement (Spat- version 5) avait été développée, introduisant notamment le formalisme OSC (Open Sound Control) pour la gestion des messages, et les patchcords « MC » pour véhiculer des flux audio multicanaux. Cette refonte structurelle permet désormais le

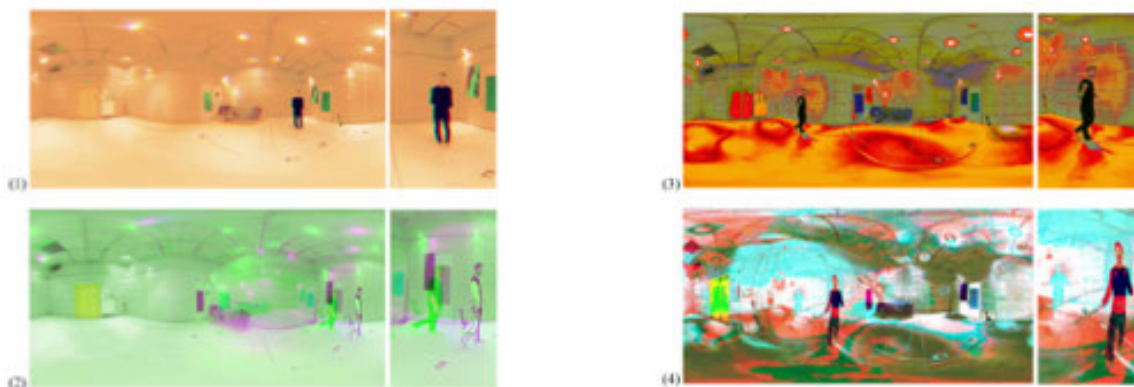


Figure 4. Illustration (vidéo 360°) des quatre conditions de transformation du rendu visuel. Ces rendus visuels sont accompagnés de transformations de la voix du participant selon les caractéristiques suivantes : (1) qualité timbrale et qualité spatiale basses ; (2) qualité timbrale basse et qualité spatiale haute ; (3) qualité timbrale haute et qualité spatiale basse ; (4) qualité timbrale et qualité spatiale hautes. Les figures à droite représentent l'humanoïde que le participant doit suivre dans l'environnement virtuel.



déploiement rapide de nouvelles fonctionnalités, tant au sein des bibliothèques C++ sous-jacentes que sous forme de patches Max génériques et réutilisables. En 2020, l'extension de la bibliothèque Spat- s'est poursuivie, avec deux axes de travail principaux : la chaîne de production en format Ambisonics et les outils de contrôle de la spatialisation.

#### Chaîne de production en format Ambisonics

De nouveaux modules de traitement des flux HOA ont été développés et intégrés à la distribution (qui compte désormais près de 35 objets dédiés à la production HOA), notamment : un outil de calcul temps réel du vecteur d'intensité sonore (`spat5.hoa.intensity^`) qui permet, à partir d'un flux Ambisonics de premier ordre, d'estimer un taux de « diffusivité » du champ sonore, ainsi que la direction de l'onde sonore incidente (DoA) ; un module de repliement spatial (`spat5.hoa.downscale^`) qui projette un champ sonore 3D sur le plan horizontal, permettant ainsi de décoder des flux HOA 3D sur des systèmes de diffusion horizontaux ; de nouvelles options de décodage ont été introduites (`spat5.hoa.decoder^`), en particulier la technique CSAD (Constant Spread Ambisonic Decoder, qui vise à uniformiser l'étalement spatial dans le cas de réseaux irréguliers de haut-parleurs), ainsi qu'une matrice de décodage pour systèmes stéréophoniques. Enfin, des briques ont été développées pour faciliter la mise en œuvre de réseaux compacts de haut-parleurs (SLA) à directivité contrôlée (`spat5.hoa.directivity`, `spat5.hoa.slaconv^`).

#### Contrôle de la spatialisation

Diverses stratégies d'écriture de l'espace, répondant à des approches compositionnelles différentes, ont été suivies. L'objet `spat5.trajectories` permet de générer des trajectoires spatiales à partir d'équations paramétriques de courbes (voir figure 5), en 2 ou 3 dimensions. Le module implémente une cinquantaine d'équations simples (cardioïdes, ellipsoïdes, rosaces, etc.) dont les caractéristiques mathématiques (telles que la vitesse en abscisse curviligne) sont paramétrables.

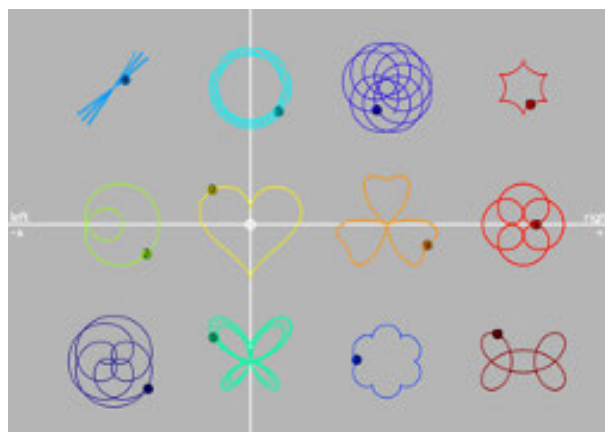


Figure 5. Exemples de trajectoires générées à partir d'équations paramétriques de courbes (`spat5.trajectories`).

Une tout autre approche a été abordée dans le cadre de la résidence STARTS du compositeur Aaron Einbond, en lien avec les équipes RepMus et ISMM : dans ce projet, l'artiste réalise une synthèse concaténative par corpus (`mubu.contact^`), dans laquelle la spatialisation des différents grains (échantillons) est informée par des diagrammes de directivité d'instruments acoustiques (issus d'une base de données mise à disposition par TU Berlin, voir figure 6). L'idée sous-jacente n'est pas de reproduire fidèlement la radiation spatiale d'instruments, mais d'insuffler aux sons de synthèse une spatialité « naturelle, plausible », afin que l'électronique fusionne harmonieusement avec des instruments acoustiques présents sur scène.

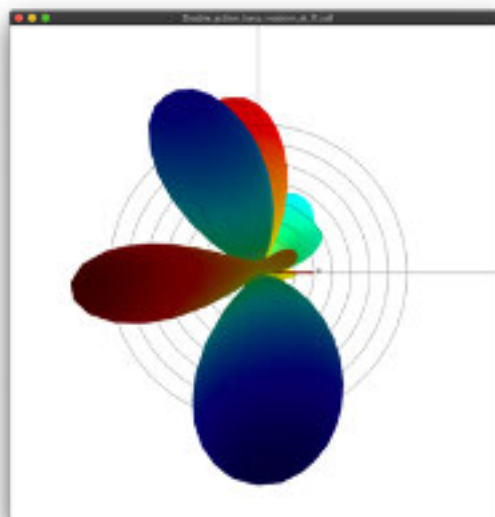


Figure 6. Exemple de figure de rayonnement d'une harpe (visualisée par `spat5.hoa.plot`) utilisée pour spatialiser des grains issus de synthèse concaténative par corpus.

Cette approche a été mise en œuvre dans la pièce *Cosmologies* pour piano préparé et électronique temps réel, présentée dans le cadre d'Ircam Live (CGP, 5 mars 2020). Ce concert a par ailleurs fait l'objet de l'une des premières utilisations live du microphone sphérique EM32 (mh acoustics®) pour la captation, l'amplification et le traitement HOA temps réel d'un piano préparé (figure 7).



Figure 7. Alvisé Sinivia au piano préparé, interprétant *Cosmologies* d'Aaron Einbond. Le microphone EM32 est utilisé pour amplification et traitements live du piano (©Quentin Chevrier).

■ **Source à directivité contrôlée**

Un prototype de réseau sphérique de haut-parleurs a été conçu et réalisé en collaboration avec l'université d'Aix-la-Chapelle (RWTH Aachen University). L'objectif poursuivi est à la fois de servir de source pour des mesures de réponses de salles MIMO couplées à un réseau sphérique de microphones et également pour l'usage de source à directivité contrôlée en situation de concert. La source est composée de 28 transducteurs répartis sur la surface d'une sphère. En 2020, le travail s'est concentré, d'une part, sur l'optimisation de la distribution spatiale des transducteurs sur la surface de la sphère et, d'autre part, sur la fabrication du prototype (impression 3D) et la mesure de la fonction de directivité obtenue pour chaque haut-parleur. Un premier jeu de filtres a été dérivé de ces mesures pour la synthèse des harmoniques sphériques jusqu'à l'ordre 4. Ce travail a motivé la remise à jour de l'environnement de mesure de directivité dans la chambre anéchoïque de l'Ircam.

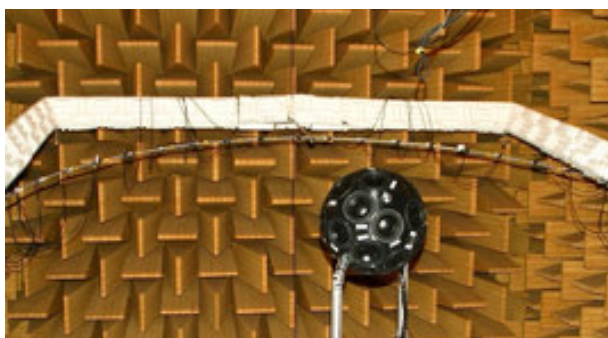


Figure 8. Caractérisation en chambre anéchoïque de la fonction de directivité de chacun des 28 transducteurs composant le réseau sphérique de haut-parleurs.

■ **Composition urbaine et paysagère**

La résidence artistique de Nadine Schütz (lauréate du programme ARR 2018/19), intitulée *Urban Land Sound Design: Composing in(to) the Existing* et portant sur l'intégration des qualités acoustiques et compositions sonores au sein de projets urbains et paysagers se poursuit. N. Schütz interroge notamment l'application d'ambiances et de réponses impulsionnelles (RI) enregistrées en format HOA (microphone EM32 de mh acoustics®), ainsi que les outils de spatialisation associés lors des différentes étapes du projet artistique. Ce travail s'est d'abord articulé autour du cas d'étude de la Place de La Défense, sur laquelle N. Schütz est intervenue, en collaboration avec l'équipe paysagiste-urbaniste en charge d'un projet global de rénovation. Un ensemble de mesures acoustiques et d'enregistrements effectués in situ permettent de reconstruire au sein du studio un environnement de composition qui porte les traits clés de l'environnement sonore du site destinataire de l'œuvre. Ils permettent ensuite de simuler l'intégration des nouvelles sources sonores dans ce même contexte.

Par ailleurs, les mesures des RI de la Place de La Défense, espace très atypique quant à ses dimensions et son caractère urbain sans circulation, font partie du répertoire des RI analysées par P. Massé dans ses recherches doctorales. Actuellement, l'interaction spécifique artistique-recherche de N. Schütz avec P. Massé traite de l'exploitation des descripteurs de RI comme matière de composition structurante dans des créations dédiées à leur lieu d'origine.

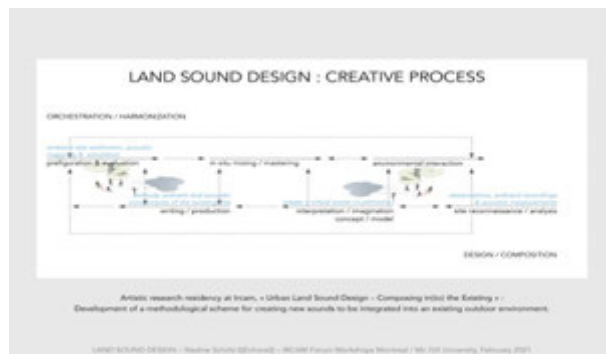


Figure 9. Schéma méthodologique pour la création sonore intégrée dans des environnements existants (©Nadine Schütz).

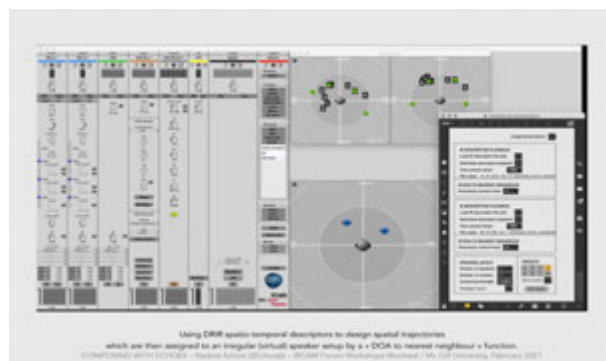


Figure 10. Utilisation des descripteurs extraits des DRIRs pour dessiner des trajectoires spatiales.

Deux créations sonores (*Plage de la Défense #1* et *Plage de la Défense #2*) résultant de ces recherches artistiques ont été présentées lors du concert *Extending Time* en janvier 2020 à Oslo, à l'Académie norvégienne de musique (NMH), dans le cadre du projet de recherche artistique « Reconfiguring the Landscape » auquel N. Schütz collabore avec Natasha Barrett. Elles sont également sélectionnées pour le « X International FKL Symposium on Soundscape: Unheard Landscapes » qui aura lieu à Blois en avril 2021.



Figure 11. Concert *Extending Time*, Académie norvégienne de musique, janvier 2020.

En 2020, l'approche développée initialement sur le site de La Défense a été appliquée à d'autres sites. Des empreintes acoustiques ont été collectées dans les anciens ateliers de Pouchard Tubes à Pantin, en vue d'un travail sur la mémoire sonore industrielle du site.



Figure 12. Session de mesures de réponses impulsionnelles, Grandes-Serres de Pantin.

L'application du processus de virtualisation et de préfiguration pour la réalisation des « Niches acoustiques » – création de N. Schütz sur le parvis du Tribunal de Grande Instance, projet lauréat du budget participatif 2019 de la Ville de Paris – servira comme cas d'étude pour un nouveau doctorant de l'équipe PDS (V. Fraisse) qui travaille sur l'évaluation de l'impact perceptif des installations sonores dans l'espace public. En 2020, les premières étapes pour encadrer cette collaboration ont consisté en une série d'échanges sur la méthodologie et des visites de sites, la mise en œuvre étant prévue pour l'année 2021.

## ÉQUIPE INTERACTION SON MUSIQUE MOUVEMENT (ISMM)

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques		Collaborations artistiques	
Chercheurs et ingénieurs statutaires	5	Revue à comité de lecture	5	Nationaux et régionaux :  ANR ELEMENT, ANR MICA  Suite projet ISMES LABEX SMART  Como-Chœur	4	CRI-Paris LIB-Sorbonne Université Pitié-Salpêtrière Université Paris 8 Université Nanterre Université Paris-Saclay Mines-Paris Tech Université de Genève ENSCI, F UserStudio, F Atelier des Feuillantines NoDesign, F ZHdK, CH CNMAT, USA	V. Audouze L. Bianchi A. Einbond Ch. Trapani M. A. Magalhaes G. Paine J.-L. Hervé L. Leite Barbosa M. Gentilucci M. Suarez Cifuentes E. Gibello F. Blondy R. Cahen H. Leeuw N. Souchal M. Nick N. Gimenez G. Hall S. Núñez Meneses Onceim Soundinitiative		
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	3	Conférences avec comité de sélection	8	Internationaux :  MagicShoes	1	Grame, F Simon Fraser University GeorgiaTech, USA Legacy Lab, TW NOTAM, Nor McGill, CA York University, CA Cycling'74, CNMAT, USA TU Berlin, DE Radio France			
Doctorants	4	Ouvrages et chapitres	1	Contrats industriels :  Ircam Amplify/ Philharmonie	1				
Stagiaires	2	Thèses de doctorat et HDR	1						

*Responsable : Frédéric Bevilacqua.*

*Chercheurs, développeurs (5) : Riccardo Borghesi,*

*Benjamin Matuszewski, Jean-Philippe Lambert,*

*Abby Wanyu Liu, Diemo Schwarz.*

*Doctorants (4) : Marion Voillot, Iseline Peyre,*

*Victor Paredes, Judith Ley Flores.*

*Stagiaires (2) : Lydia Rodriguez-de la Nava, Victor Paredes.*

*Compositeurs en résidence (2) : Michelle Agnes Magalhaes,*

*Lorenzo Bianchi.*

L'équipe Interaction son musique mouvement (ISMM) mène des recherches et développements sur les systèmes interactifs sonores et musicaux, suivant trois axes :

- mouvement et son : modélisation et expérimentation ;
- interactions musicales collectives ;
- synthèse sonore interactive.

Cette année est marquée par plusieurs recrutements : Abby Wanyu Liu a rejoint notre équipe en tant que chargée de recherche CNRS, et Victor Paredes a débuté une thèse de doctorat suite à son stage dans l'équipe. Cela renforce entre autres notre force de travail pour le projet ANR ELEMENT, qui concerne l'apprentissage des mouvements dans les systèmes interactifs et les problématiques de sonification du mouvement. Ces thématiques couvrent une partie importante de nos travaux fondamentaux et appliqués.

Concernant le développement d'outils pour la réalisation de systèmes interactifs (sonore et gestuel), la bibliothèque MuBu for Max pour la synthèse interactive a fait l'objet d'un grand travail d'amélioration de sa stabilité et sa fiabilité, ce qui a permis la finali-

sation et une première diffusion plus large des patches CataRT-MuBu pour Max et de SkataRT pour Ableton Live. Les recherches sur les interactions collectives sont soutenues par le développement d'une plateforme avec des technologies web (refonte des bibliothèques Soundworks et CoMo), utilisant entre autres des nano-ordinateurs (Raspberry Pi). Ces développements sont centraux pour divers projets comme la sonification du mouvement pour la rééducation (thèse d'Iseline Peyre) en collaboration avec Sorbonne Université (Hôpital Pitié Salpêtrière, le LIB et l'ISIR) ainsi que le dispositif interactif pour la petite enfance (thèse de Marion Voillot en collaboration avec le CRI-Paris et l'ENSCI). Nous notons d'ailleurs un renforcement des applications pédagogiques avec également le travail sur l'installation interactive « Musique Maestro » pour la future Philharmonie des enfants, ainsi que le démarrage du projet CoMo-Chœur en collaboration avec Radio France, soutenu par le ministère de l'Éducation nationale.

Nous avons également poursuivi de nombreuses collaborations artistiques, la reprise de l'installation *Biotope* de Jean-Luc Hervé au parc de La Villette, les projets *Constella(c)tions* de Michelle Agnes Magalhaes et *Cosmologies* de Aaron Einbond en collaboration avec les équipes RepMus et EAC (résidences STARTS), et les collaborations avec les compositeurs Lorenzo Bianchi-Hoesch et Marta Gentilucci, et le pianiste Pavlos Antoniadis.

#### ■ Mouvement et son : modélisation et expérimentation

Nous avons poursuivi nos travaux sur la modélisation du mouvement, ainsi que sur le design des relations entre mouvement et son. Dans le cadre du projet ANR ELEMENT en collaboration avec le LIMSI et le LRI de l'université Paris-Saclay, nous travaillons sur

les questions d'apprentissage de mouvement avec des systèmes interactifs. Cela implique plusieurs axes de recherche, des études de terrain liées à des applications spécifiques (design centré sur les utilisateurs), au développement de modèles d'analyse de mouvement et d'outils interactifs.

Concernant le premier axe, nous avons réalisé plusieurs études. La première étude a été effectuée parmi les utilisateurs d'interfaces tactiles 2D quant à leur expérience, usage de gestes et apprentissage machine. Cette étude a reçu 39 réponses et l'analyse des résultats a été présentée à la conférence « NIME 2020 ». Une deuxième étude porte sur l'apprentissage des interfaces musicales basées sur le mouvement, initiée dans le cadre de sa thèse par Victor Paredes (débutée à l'automne 2020). Plusieurs entretiens d'experts ont été réalisés. Puis nous avons investigué l'apport de la sonification à la pratique du cerceau aérien. Un développement spécifique a permis de rendre le cerceau interactif en y ajoutant 42 capteurs capacitifs et une transmission sans fil (collaboration avec l'équipe PIP). Divers types de sonification ont été réalisés et testés avec des utilisateurs. Ces résultats seront présentés dans la conférence internationale CHI'2021. Finalement, concernant le développement de modèles, nous avons publié une revue de l'état de l'art récent sur des méthodes d'apprentissage machine qui peuvent s'appliquer à des systèmes adaptatifs pour l'apprentissage moteur.

Le projet portant sur la rééducation des membres supérieurs (post AVC) avec retour sonore s'est poursuivi en collaboration avec l'Hôpital Pitié Salpêtrière et Sorbonne Université (thèse d'Iseline Peyre). Sur la base des premiers résultats de ce travail, la deuxième phase a été initiée, ayant pour but de créer et évaluer un système pour l'auto-rééducation à domicile. Divers exercices ont été conçus et un premier prototype a été réalisé (cf. section suivante) permettant une série d'expérimentations (stage de Lydia Rodriguez de la Nava). Un protocole a été soumis au comité d'éthique de la recherche de SU. Une collaboration avec le designer sonore Victor Audouze a été établie pour la réalisation de matériel sonore de ce prototype. Le travail sur la sonification du mouvement concerne également notre collaboration avec Ana Tajadura-Jimenez et Judith Ley Flores (doctorante co-encadrée) de l'université Carlos III de Madrid, en travaillant sur la sonification de mouvements lors d'exercices physiques (publication acceptée pour CHI'21). Cette collaboration va se poursuivre en 2021 dans le cadre du nouveau projet MagicOutfit.

À noter finalement, notre collaboration avec l'université Paris 8 (MUSIDANSE et ArTeC) dans le cadre du post-doc de Pavlos Antoniadis, où nous avons poursuivi des enregistrements multimodaux de piano (motion capture, vidéo, son et MIDI) lors d'enregistrements de la pièce *Evyryali* de Xenakis (en collaboration avec Elaine Chew dans le cadre du projet COSMOS).

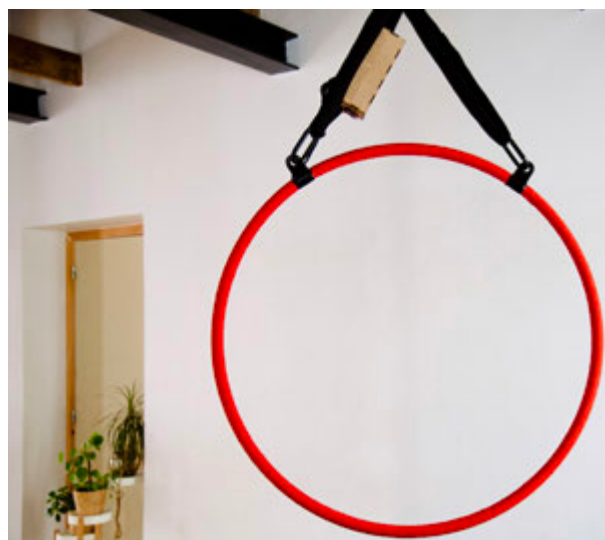


Figure 1. Sonichoop : sonification de la pratique du cerceau aérien.

### ■ Interactions musicales collectives

Les travaux sur les interactions collectives se sont concentrés sur la consolidation des travaux entrepris l'année précédente. En particulier, suite à une phase de test et de corrections liée à la refonte de plusieurs applications existantes, une *release* stable de la version 3 du framework *soundworks* a été faite. Cette version s'attache en particulier à proposer une API plus simple et une meilleure lisibilité du rôle du framework dans l'écosystème existant. Elle a également permis d'intégrer complètement les développements effectués avec les Raspberry Pi, développements qui seront poursuivis et approfondis cette année grâce à la mise en place d'une flotte de 50 modules sonores autonomes basés sur des Raspberry Pi (en collaboration avec l'équipe PIP), créée grâce à un financement CNRS. Cette nouvelle version a également permis de mettre à jour et de faire évoluer vers une plus grande souplesse d'utilisation certaines applications existantes à la base de plusieurs collaborations et créations artistiques (*Playground*, G. Paine, L. Leite Barbosa; *Biotope*, J.-L. Hervé; *Constella(c)tions*, M. A. Magalhaes, etc.).

L'environnement CoMo, centré sur la reconnaissance et la sonification du mouvement, a été solidifié et mis en œuvre dans plusieurs projets. Ce développement nous a déjà permis de développer quatre applications dédiées mais partageant un socle de fonctionnalités communes. CoMo-Elements est la plus générique de ces applications et est destinée en particulier à une utilisation dans un cadre de recherche artistique (par exemple projet *Constella(c)tion* de M. A. Magalhaes présenté lors des journées STARTS et qui est en cours de documentation). CoMo-Education est développée dans le cadre de la thèse de Marion Voillot dans des contextes d'éducation de la petite enfance. CoMo-Rééducation, développée dans le cadre de la thèse d'Iseline Peyre, est destinée à fournir un environnement d'auto-rééducation à la maison pour des patients ayant subi un AVC (le dispositif final sera proposé dans un dispositif embarqué développé avec l'équipe PIP). Enfin CoMo-Vox, financée par le ministère de l'Éducation nationale et développée en collaboration avec le projet Vox de Radio-France, propose un environnement permettant

aux enseignants de se familiariser avec les gestes de la direction de chœur. Une cinquième application, issue des travaux initiés lors du projet *EmoDemos*, et dédiée à un contexte d'étude scientifique du mouvement en groupe est en cours d'étude.

Parallèlement à ces travaux, certaines bibliothèques ont été mises à jour ou développées. Parmi elles, la *node-libpd* qui permet l'instrumentation de patches Pure Data dans un environnement Node.js, a été entièrement refondue pour utiliser l'API stable proposée récemment par Node.js pour le développement de modules natifs. Une première release de la bibliothèque *simple-components*, proposant un ensemble d'interfaces graphiques dédiées au prototypage rapide et reposant sur le standard WebComponents, a également été distribuée.

Enfin, nous avons entrepris un important travail pour réorganiser notre écosystème logiciel et le rendre plus lisible pour l'utilisateur. Ces travaux se sont en particulier illustrés par la mise en place d'outils permettant de simplifier et d'harmoniser la documentation. Mais également par la mise en place de sites web (GitHub pages) permettant de regrouper et de mieux diffuser certaines ressources pédagogiques ou techniques, et ainsi de compléter les informations présentes sur les sites institutionnels.



Figure 2. Installation [°poly°] utilisant des modules sonores autonomes basés sur des Raspberry Pi.

### ■ Synthèse sonore interactive

Cet axe d'activité concerne une partie importante du développement de l'équipe, avec notamment les logiciels pour l'interaction musicale dans l'environnement Max. Nous avons recentré nos développements sur MuBu for Max, qui intègre désormais la synthèse sonore concaténative, granulaire et additive, et l'analyse multimodale du son et des gestes, couplés à de la reconnaissance de formes (apprentissage automatique interactif). Par exemple, MuBu a été utilisé pour la pièce *Cosmologies* de Aaron Einbond en collaboration avec les équipes RepMus et EAC (résidence STARTS). Pour cette pièce, créée le 5 mars au Centre Pompidou, le lien entre spat5 de EAC et MuBu a été fait afin de permettre une spatialisation en higher-order ambisonics (HOA) individuel pour chaque grain. Le travail en collaboration avec Lorenzo Bianchi a également permis de tester et d'améliorer certaines fonctionnalités de la synthèse concaténative.

Grâce au groupe de travail sur la synthèse sonore par échantillons, issu de l'UPI CoCat, l'ensemble de patches cataRT-MuBu et des extensions pour l'écriture et la composition ont été améliorés. Cet ensemble de patches, disponible sur GitHub, couvre les fonctionnalités complètes de cataRT. Il a été présenté dans un workshop (qui affichait complet) du Forum Ircam 2020 et au Dispersion Lab de la York University, Toronto.

Ce travail est aussi à la base de la version « SkataRT », intégrée dans Ableton Live, conjointement avec l'équipe PDS et Music Unit, qui a vu sa première version 1.0 présentée au Forum et offerte sur demande aux utilisateurs Forum dans une phase de beta-test.

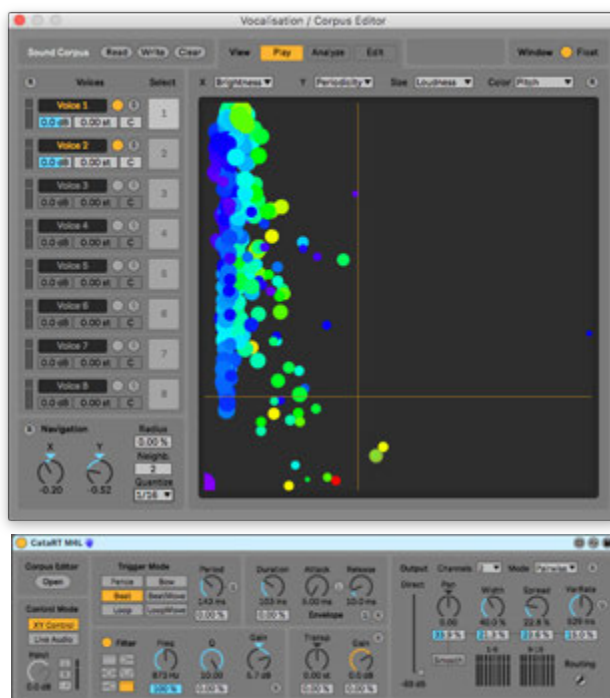


Figure 3. Interfaces de SkataRT.

## ÉQUIPE PERCEPTION ET DESIGN SONORES (PDS)

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques		Collaborations artistiques	
Chercheurs et ingénieurs statutaires	3	Revue à comité de lecture	8	Nationaux et régionaux :	2	S. Meunier/LMA (CNRS) J.-F. Petiot/M. Lagrange (EC Centrale Nantes/LS2N) T. Bouchara (Cnam/CEDRIC) F. Pecquet (Acte/Paris 1)	A. Cera R. Rivas N. Schutz R. Barthelemy L. Medjoub		
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, associés	3	Conférences avec comité de sélection	7	Internationaux :	1	E. Ponsot (ENS, Ulm) N. Obin (STMS/A-S) N. Donin (STMS/APM) G. Guerrier/Cochin M. Villain/Pitié (APHP) R. Séguier, C. Soladié/FAST (CentraleSupélec)			
Doctorants	6	Ouvrages et chapitres	4	Contrats industriels :	2	S. Dubal/ICM K. Okanoya, T. Naka/Université de Tokyo E. Ozcan/S. Delle Monache (TU Delft) C. Marquis-Favre (ENTPE Lyon) C. Delanoe-Vieux, M. Coirié, C. Fontaine (Lab-ah/GHU Ste Anne) C. Guastavino (McGill) J. Marozeau, S. Aker (TU Denmark)			
Stagiaires	3	Thèses de doctorat et HDR	/						

Responsable : Nicolas Misdariis.

Chercheurs et ingénieurs statutaires (3) : Jean-Julien Aucouturier (CNRS), Olivier Houix, Patrick Susini.

Chercheurs non statutaires (associés, post-docs), chercheurs invités (3) : Pablo Arias, Mondher Ayari (université de Strasbourg), Marco Liuni.

Doctorants (6) : Victor Rosi, Claire Richards, Baptiste Bouvier, Valerian Fraisse, Tom Souaille, Nadia Guerouaou.

Stagiaires (3) : François Hamon, Rodrigue Bravard, Nicolas Wenzel.

En 2020, l'équipe Perception et design sonores a continué son évolution vers un cadre de recherche en design sonore renouvelé et étendu – les sciences du design sonore – tout en conservant son ancrage historique et thématique dans le champ des sciences de la perception et de la cognition sonores, qui s'est prolongé depuis quelques années vers celui des neurosciences cognitives, avec notamment l'étude du traitement émotionnel vocal et musical. Ainsi, les principaux travaux relatifs à la perception locale/globale, à l'influence de paramètres du timbre sur la sonie, à la rétroaction vocale émotionnelle, à l'étude prosodique de certaines caractéristiques véhiculées par la voix (confiance) et à la créativité musicale et sa dimension culturelle, ont été poursuivis et alimentés par de nouveaux développements et résultats. Sur cet axe, d'autres points de réflexion se sont ouverts ou réactivés, notamment l'étude de la saillance auditive et son application à la gêne sonore ou bien l'étude relative à l'acceptabilité éthique des transformations vocales. De la même manière, l'autre axe thématique principal de l'équipe (recherche en design sonore) s'est caractérisé, au cours de cette année, par la continuité de certains projets (développement d'un lexique sonore en relation avec l'étude du timbre, conception sonore

assistée, interfaces homme-machine sonores et haptiques), mais aussi par l'émergence de nouveaux sujets, parfois connexes, tels que la transmission de l'information par conduction osseuse et vibratoire, l'étude des installations sonores en milieu urbain, ou bien encore le rôle du son (et de la musique) dans la relation à l'hospitalité et au soin, en milieu hospitalier et plus particulièrement psychiatrique. Enfin, en parallèle de ces nombreux chantiers, l'équipe a également poursuivi son effort de développement d'outils technologiques et de méthodologies tels que l'environnement Speak de définition et illustration des propriétés élémentaires du son, le module Max4Live SkataRT d'exploration de corpus par synthèse concaténative et de production d'esquisses sonores vocales ou bien, plus généralement et sous deux angles différents, une revue des technologies de transformation vocale et un recensement du réseau d'enseignement en design sonore – ce dernier point contribuant, avec d'autres, à consolider l'action de l'équipe au sein du DNSEP Design sonore de l'ESAD TALM Le Mans, et plus largement, à affirmer sa présence active dans la communauté du design sonore en France et en Europe.

#### ■ Recherche en perception et cognitions sonores

##### Traitement temporel local-global en audition et ASA

L'objectif de ce travail est d'aborder l'analyse de scènes auditives (ASA) du point de vue du traitement temporel local-global de séquences sonores. Ce travail a été réalisé dans le cadre du stage de Nicolas Wenzel (Master Musicologie et conception sonore, université Aix-Marseille). Les premiers résultats ont permis de mettre en relation les capacités de segmentation en flux auditifs et les performances des auditeurs dans le traitement local-global d'une

séquence sonore. Ces premières données doivent être complétées. Ce sujet s'inscrit dans un cadre plus général relatif aux différentes échelles temporelles de perception d'une forme sonore.

#### Traitement simultané local-global en audition

Un nouveau paradigme d'étude du traitement local-global permettant de comparer les processus en vision et en audition a été étudié dans le cadre du stage de Clément Leray (Master Musicologie et conception sonore, université Aix-Marseille). De nouveaux stimuli sonores ont été proposés en utilisant le phénomène de perception du fondamental absent afin de permettre une présentation simultanée des informations aux niveaux local et global. Les tests ont montré de fortes variations inter-individuelles dans la perception du fondamental absent qui ne permettent pas d'exploiter ces stimuli dans une tâche de comparaison de traitement de l'information locale-globale. Ce sujet vise à tester le caractère amodal des processus de traitement local-global.

#### Relation entre asymétrie en sonie et force tonale

Les travaux menés sur le traitement temporel de la sonie ont mis en évidence une asymétrie entre sons crescendo et decrescendo (collaboration avec S. Meunier, LMA, Marseille). De plus, l'asymétrie en sonie augmente de manière significative avec la force tonale. Une série d'expériences a permis de compléter et de confirmer ces résultats. Ce sujet s'inscrit dans les travaux menés sur la perception des sons présentant des variations dynamiques en sonie et en hauteur.

#### Étude de la saillance auditive – application à la gêne sonore

Thèse de Baptiste Bouvier, en codirection avec Catherine Marquis-Favre (ENTPE, Lyon).

Le sujet traite de l'étude de la saillance auditive comme processus bottom-up et vise à caractériser ce phénomène en termes de paramètres acoustiques afin, in fine, d'en développer un modèle prédictif et d'en étudier les effets sur la sensation de gêne sonore potentiellement ressentie lors d'une exposition à une scène sonore complexe. La thèse a démarré par une revue de littérature sur le sujet, mais également sur la question de l'attention auditive, phénomène connexe à celui de saillance, étant donné le cadre théorique dans lequel se place l'étude et qui considère la saillance comme une capacité à capter l'attention d'un sujet indépendamment de sa volonté. Une première expérience est en cours de réflexion et tente de résoudre plusieurs problèmes méthodologiques relatifs au non-conditionnement du sujet (processus bottom-up) à la présentation des stimuli (par analogie avec la saillance visuelle) et à la forme des stimuli (sons purs *versus* sons complexes). Ce sujet s'inscrit dans la lignée de la thèse de R. Leiba (2017) et du post-doc de M. Vannier (2015-2016), tous les deux effectués dans le cadre de la chaire de recherche Mouvie (2014-2017). Il prolonge l'un de ses sujets d'étude en lui apportant une forte dimension perceptive et cognitive pour tenter de résoudre cette question à forte valeur sociétale. L'enjeu de ce travail est de développer des travaux relatifs à la perception des scènes sonores complexes et de créer des synergies de recherche avec d'autres sujets, développées dans l'équipe, notamment celui relatif à la perception locale-globale (cf. ci-dessus).

#### ■ Recherche en cognition/émotion vocales et musicales

##### Avancée du paradigme de rétroaction vocale émotionnelle

Réplication sur N = 48 participants de notre étude de 2016 permettant d'établir que le phénomène de rétroaction vocale émotionnelle n'est observé que si les participants sont inconscients de la manipulation vocale, et qu'ils ne la compensent pas dans leur production – étude publiée dans un article (*Consciousness & Cognition*, 2020). Nos résultats précédents (Aucouturier *et al.*, PNAS 2016) et le logiciel DAVID (Rachman *et al.*, 2017, <https://forum.ircam.fr/projects/detail/david>) avaient permis de mettre en évidence le phénomène d'«emotional vocal feedback», mais laissé des doutes sur la nécessité de cacher aux participants le but de l'expérience. Cette clarification est importante pour l'utilisation clinique du dispositif dans le cadre du PTSD.

##### Signature prosodique de la confiance

Deux séries d'expériences menées pour comprendre, d'une part, si l'accuracy et la confiance d'un locuteur en réponse à une question transparaît dans sa voix (production) et, d'autre part, sur quelle représentation mentale se basent les jugements de fiabilité faits par l'auditeur d'une voix (perception). En 2020, un article accepté en cours de publication (*Nature Communications*, 2021) et un accepté et en relecture (*Cognition*, 2021). Nouvelle utilisation du paradigme de reverse-corrélation que nous avons développé pour l'analyse de la perception prosodique (Ponsot *et al.*, PNAS 2018).

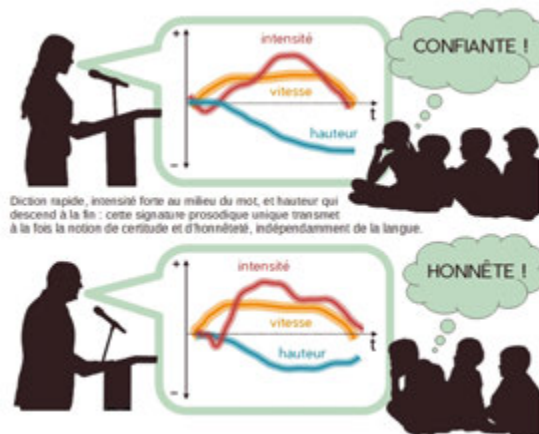


Figure 1. Une seule et unique signature acoustique de fiabilité sous-tend la perception chez l'auditeur du caractère incertain ou mensonger d'une voix (Goupil *et al.*, *Nature Communications*, 2021).

##### Acceptabilité éthique des transformations vocales émotionnelles

Étude en ligne sur N = 300 participants de l'acceptabilité morale de différents scénarios impliquant des transformations émotionnelles de voix, montrant notamment que l'amplification d'émotions positives (ex. sourire) est moins bien acceptée que la diminution d'émotions négatives (ex. anxiété), que l'utilisation pour le soin est mieux acceptée que pour l'augmentation de performances, et que le fait de cacher le but de la manipulation à celui qui la subit est fortement rejeté. En 2020, un article en préparation. Plusieurs de nos projets prennent comme objet l'application clinique de technologies vocales, sans jamais en avoir testé l'acceptabilité. Plus



généralement, l'éthique de manipulation expressive (deep-fakes, filtres zoom, etc.) n'a jamais été testée empiriquement.

Analyse cognitive de la créativité musicale et de son impact culturel  
 Cette recherche est focalisée sur les traces de l'acte musical *oral* et sur les conduites d'écoute déterminées par les exigences (stylistiques et esthétiques) d'une oreille culturelle. Elle a produit trois textes de congrès révisés et publiés en 2020; un chapitre d'ouvrage et un ouvrage collectif soumis (Delatour-France); une collection de documents audiovisuels et un ouvrage individuel en relecture (à paraître en 2021). Cette recherche tente de contribuer au développement de nos connaissances en ethnomusicologie cognitive en mettant en rapport systématique les éléments de la forme avec le réseau de significations sémantiques et culturelles qui influe de façon décisive sur la perception et la compréhension des musiques de tradition orale. L'un des principaux problèmes que l'on rencontre sur le terrain consiste à accéder aux différentes formes d'expertise qui ne passent pas par une théorisation explicite. Il n'est pas tout à fait évident d'approcher ce savoir implicite sans recourir à des expérimentations humaines dans un contexte où la logique de structuration de la musique n'existe pas en tant que niveau de discours autonome, comme c'est le cas dans la musique écrite occidentale.

#### ■ Recherche en design sonore

##### Intégration du design sonore dans le champ de la recherche en design

Développement de l'axe de recherche en design sonore. La formalisation de cet axe de recherche, développé lors du dernier Conseil scientifique (2019) permet de prolonger la réflexion sur l'intégration du design sonore dans le champ de la recherche en design et de questionner les interactions structurelles entre ces deux disciplines, les concepts, outils ou méthodes partagés ou singuliers, etc. Une partie des travaux de l'équipe est progressivement pensée dans ce cadre de recherche conceptuel. Des collaborations extérieures sont également entreprises afin de consolider et, le cas échéant, d'ajuster la démarche générale. Parmi ces collaborations, on peut citer l'établissement de la convention-cadre avec le l'ENSCI et le CRD (Centre de recherche en design) ENS Paris-Saclay (en cours de finalisation). On peut citer également le rapprochement avec l'université de Delft (TU Delft/E. Ozcan) via l'implication dans le projet de recherche de Stefano delle Monache (financement bourse individuelle Marie Sklodowska-Curie) intitulé PaDS (Participatory Designing with Sound) qui s'intéresse au processus de design sonore collaboratif et aux modes de représentation associés, et qui plus largement implémente le concept de sound-driven design. Dans ce cadre, des réunions/discussions régulières ont lieu entre les deux parties prenantes TU Delft (à laquelle S. Delle Monache est rattaché) et STMS/PDS, et il est prévu que S. Delle Monache soit accueilli en 2021 en qualité de chercheur invité au cours d'une *secondment period*.

##### Contribution au développement d'un lexique sonore/étude du timbre

La thèse de Victor Rosi se focalise sur l'étude de quatre termes: brillant, chaud, rond et rugueux, avec comme objectif de proposer une méthodologie permettant à la fois de comprendre ces termes et d'en faire émerger une définition avec une caractérisation acoustique. Pour obtenir ces définitions, en comprendre leur usage, des entretiens avec des professionnels du son ont été menés. L'analyse des verbalisations a permis de catégoriser le vocabulaire obtenu dans trois grands types de stratégies de description: métaphorique, acoustique ou liée à la source. Pour illustrer leurs définitions, les experts ont aussi donné des exemples sonores extraits d'une grande base de sons d'orchestre. Dans une seconde phase, un questionnaire en ligne a permis de hiérarchiser et de réduire les verbalisations obtenues lors des entretiens et ainsi de formuler des définitions pour chacun des attributs, reflétant les stratégies de descriptions employées par les experts et la pertinence des éléments de définition donnés. Des définitions des termes chaud, rond, rugueux et brillant ont été obtenues et seront intégrées dans la nouvelle version du lexique sonore *Speak*. Ce travail prend notamment sa source dans le travail de thèse de Maxime Carron (2016) et s'inscrit dans le cadre de la thèse de Victor Rosi, ainsi que dans la continuité des travaux menés par l'équipe sur la caractérisation perceptive, acoustique et sémantique du timbre.

##### Conception assistée et interactive en design sonore

Thèse de Tom Souaille: «Conception interactive en design sonore. Application aux scènes sonores, à l'habillage sonore et à la sonification», en collaboration avec Jean-François Petiot et Mathieu Lagrange (LS2N/École Centrale de Nantes). Réflexion générale sur les processus de conception (sonore) assistée par ordinateur et l'optimisation d'une solution en fonction de contraintes, données par un cahier des charges, un bref design ou des spécifications techniques. Après une phase expérimentale préliminaire – et pour le moins originale dans une conduite de thèse – le travail a déroulé son processus de réflexion et de cadrage théorique du sujet. Cela a permis de définir deux axes/problèmes de recherche distincts mais complémentaires, correspondant à deux questions fondamentales: comment réduire la dimensionnalité d'un espace de design (décrit par exemple par un jeu de variables de synthèse) pour améliorer la convergence – rapidité, efficacité – d'un environnement de conception assistée par ordinateur de type algorithme génétique interactif (IGA)? Comment réduire la taille d'un corpus d'étude (de sons) dans le cas d'une expérience perceptive exploratoire notamment conditionnée par des contraintes de temps de passation ou de fatigue du sujet? Ce travail participe à la formalisation d'outils et de protocoles innovants pour le design sonore, applicables à des champs comme l'amélioration de la qualité sonore d'un environnement, la création sonore pour les médias ou les objets manufacturés. L'enjeu de ce travail est d'explorer de nouveaux outils pour le design sonore en y apportant des compétences en termes théoriques (sciences de la conception/techniques d'optimisation) et technologiques (synthèse par réseaux de neurones). Il participe également au renforcement d'une collaboration scientifique avec le labo LS2N qui présente des axes et terrains de recherche partiellement convergents avec ceux de PDS.

### Étude des installations sonores en milieu urbain

Thèse de Valerian Fraisse en cotutelle internationale avec l'université de McGill (Montréal) et codirection avec Catherine Guastavino et Marcello Wanderley. La thèse a débuté en octobre 2020 et vise l'étude de l'influence des installations sonores dans l'appréciation et le ressenti des paysages sonores urbains. Elle fait suite au stage de Master du doctorant, effectué à McGill, et est déployée sur une place de quartier à Montréal, en collaboration avec un studio de design sonore local. Les résultats de ce travail ont notamment montré que la mise en place d'une installation sonore dans un lieu urbain n'était pas forcément ressentie par les usagers du lieu en termes d'augmentation du niveau sonore. La thèse a démarré par une étude bibliographique sur les différentes installations sonores (temporaires, pérennes) existantes ainsi qu'une revue des différentes méthodologies d'évaluation de ce type de dispositif. Une collaboration a également débuté avec Nadine Schütz, compositrice en résidence à l'Ircam, afin de partager un terrain d'expérimentation et de composition commun. Cette thèse se positionne dans le cadre d'une réflexion, à la fois sur le statut des œuvres en design sonore (format, forme du rendu, relation à l'auditeur, etc.), mais aussi sur la question de la réception des productions en design sonore et, en corollaire, de leurs mécanismes d'évaluation (point de vue artistique ou ergonomique/centré utilisateur, contraintes expérimentales *versus* validité écologique). L'enjeu de ce travail est d'explorer de nouveaux axes de recherche en design sonore et de conforter l'approche de sciences du design sonore. Il participe également au renforcement d'une collaboration scientifique avec l'université McGill sur des questions, potentiellement communes, relatives à l'environnement sonore, le design sonore urbain ou l'acoustique écologique.

### Interfaces homme-machine sonores

Projet Renault «EV-Sound». Évolution 2.0 de la recherche et développement du design sonore pour le véhicule électrique : conception de la signalétique extérieure (VSP – Vehicule Sound for Pedestrians). Les premiers prototypes qui permettaient d'écouter «sur table» ou en simulateur les orientations de design sonore du VSP ont été portés dans l'environnement industriel (matériel et logiciel) embarqué sur le véhicule. Pour des raisons de dérive de planning, le développement prototype a continué pendant quelque temps encore dans cet environnement (malgré tout peu ergonomique pour ces phases de développement). Les différentes solutions ont ensuite été testées/mesurées/évaluées sur différentes versions de véhicules prototypes (présérie) et différentes configurations (banc à rouleaux, pistes d'essai). Dans la lignée de notre collaboration industrielle avec Renault, cette nouvelle étude prolonge l'implication de l'équipe dans une thématique qui s'avère relativement emblématique du design sonore et permet d'expérimenter de nouvelles manières de produire la matière sonore et de l'implémenter dans un contexte industriel fortement contraint. Les réflexions/productions sonores issues du projet alimentent la réflexion sur les outils de prototypage rapide du son ainsi que sur les nouvelles formes d'œuvres sonores qui peuvent découler d'un processus de création en design sonore.

### Interfaces homme-machine sonores et haptiques

Projet IRT SystemX/Renault «CMI – Cockpit Multimodal Interactif». Prise en compte de la composante haptique et de l'interaction entre l'audio et la vibration dans le cadre d'une reprise de conception d'IHMs dédiées à la conduite autonome. Les signaux vibratoires conçus en studio et correspondant à un scénario d'usage de type «Autonomous Drive» ont été implémentés sur simulateur hybride constitué d'un véhicule asservi à un système de rendu audiovisuel immersif (collaboration Arkamys). Une dernière séance de mise au point a été réalisée en fin d'année 2020 afin de rendre opérationnel le dispositif pour des évaluations ultérieures. Un article présentant les résultats de cette collaboration est en projet d'écriture. Ce projet s'insère dans la réflexion générale sur la mobilité du futur et le rôle que le son pourra jouer dans les différentes expériences utilisateur inédites que cette évolution va progressivement produire. Ce projet est l'occasion d'ouvrir une voie de réflexion et d'acquisition de connaissances/pratiques sur la question du design de signaux vibratoires et de leur complémentarité avec les signaux sonores. Il est en cohérence avec le sujet de thèse de Claire Richards (cf. ci-dessous).

### Transmission de l'information sonore par stimulation vibratoire et conduction osseuse

Thèse CIFRE de Claire Richards, en collaboration avec Ensci – Centre de recherche en design, ENS Paris-Saclay et la société Actronika. Étude des effets tactiles associés à la conduction osseuse, et à la spatialisation des sensations sonores et vibrotactiles. La première année de thèse a été essentiellement constituée d'un travail bibliographique sur les études en conduction osseuse (principalement au niveau de l'os crânien) et les différentes méthodologies expérimentales de mesures perceptives de seuil et d'intensité. Un développement technologique (collaboration avec Actronika et le pôle PIP/Emmanuel Fléty) a également été réalisé et a abouti à la fabrication d'un dispositif expérimental pour la mesure comprenant un actuateur, un capteur de force, un accéléromètre et un dispositif de mise en œuvre/fixation (patches) sur la partie haute du corps. Sur cette base, une expérience de mesure de seuil de perception sur huit points différents (mastoïde, sternum, clavicules et plusieurs points sur la colonne vertébrale) a été prototypée et est en cours de réalisation. En parallèle, la réflexion sur une version fonctionnelle du dispositif (type *wearable*) a été engagée avec le support d'Actronika et d'un atelier de design costumier (Les Vertugadins). Enfin, une collaboration est en cours de montage avec TU Denmark (J. Marozeau, S. Aker) pour élaborer des expériences croisées, notamment sur une population de personnes présentant des déficiences auditives et un appareillage de type implants cochléaires. Ce projet s'insère dans l'extension du design sonore dans le domaine de l'haptique et s'inscrit dans le cadre d'une convention de collaboration avec le Centre de recherche en design ENS Paris-Saclay. L'enjeu de ce travail est de se positionner dans le cadre d'une recherche en design sonore et ainsi d'appliquer des méthodologies de recherche en design tout en développant de nouvelles connaissances à propos de la conduction osseuse/transmission vibratoire et des phénomènes perceptifs qui leur sont associés.

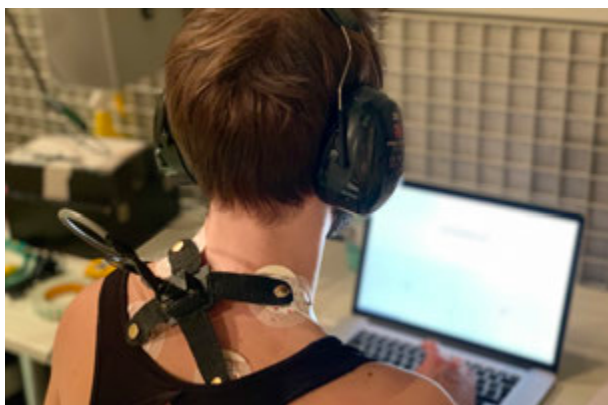


Figure 2. Expérience de mesure de seuil de perception par conduction osseuse sur la colonne vertébrale, dans le cadre du travail de thèse de Claire Richards (CIFRE/Actronika).

**Interactions son-musique/santé**

Collaboration avec le GHU Paris Psychiatrie et Neurosciences (hôpital Ste-Anne) à l’issue d’un workshop applicatif (ESAD TALM Le Mans, Ensci, Ircam) en 2017 et d’un croisement avec les problématiques de l’ERC CREAM (2014-2019). Les interactions se déploient sur deux volets principaux concernant les relations son/coma (neurosciences) et son/hospitalité (psychiatrie). Dans le cadre du volet son/hospitalité, l’année en cours a permis de développer des réflexions générales portant sur la recherche et le développement d’un dispositif multimodal et multisensoriel d’écoute sonore et musicale de modulation de l’anxiété. Par ailleurs, elle a permis la définition du projet Psy-Son (soumission PHRIP) centré sur la question de l’enveloppe sonore et proposant une étude interventionnelle prospective randomisée en simple aveugle portant sur l’efficacité d’un espace temporel et sonore dans la prise en charge infirmière des états de « crise » des patients hospitalisés en psychiatrie. Le projet Psy-Son s’insère dans le début d’une collaboration avec le Lab-ah, Laboratoire accueil-hospitalité, et cristallise les sujets de recherche relatifs à la relation son/soin. Il est également l’occasion de continuer à collaborer avec l’Ensci (R. Cahen), au travers d’une approche de type recherche-action, qui inclut dans son large périmètre les questions de dispositifs, de contenus, d’interfaces et d’usages. Il s’agit ici de concrétiser le rapprochement institutionnel (GHU Ste-Anne/Lab-ah) mais aussi de déployer la thématique son-musique/santé qui sera d’ailleurs mise en avant au prochain Conseil scientifique (2021). Une convention-cadre entre toutes les parties prenantes est par ailleurs en cours de finalisation.

**■ Outils, méthodologies, productions**

Speak: lexique sonore

Enregistrements d’un ensemble de sons environnementaux pour compléter la base de données sonores de Speak dans le cadre du stage de François Hamon du DNSEP Design sonore (ESAD TALM Le Mans). Intégration des sons et production d’une documentation pour les Ateliers du Forum 2021. Permettre une diffusion de l’outil Speak via le Forum, et développer une version web multiplateforme en lien avec l’équipe POW, dans le cadre d’une unité projet innovation (UPI)

SkataRT: un outil pour l’exploration et le prototypage sonores

SkataRT est un environnement logiciel permettant de capturer une esquisse vocale, de l’analyser et de la modeler sous la forme d’une esquisse sonore paramétrisable basée sur une synthèse sonore par corpus de sons. Suite à un premier prototype en Max, SkataRT est actuellement développé sous la forme d’un *device* Max4Live s’intégrant à Ableton Live (collaborations : équipe ISMM, Music Unit – M. Poletti, T. Goepfer). L’outil SkataRT a été présenté aux Ateliers du Forum 2020. Il est entré en phase de beta-test, et une documentation est en cours d’élaboration ; elle sera complétée par des tutoriaux (vidéo) pour une sortie officielle aux Ateliers du Forum 2021.

Intérêt des technologies de transformation vocale pour la recherche en cognition

Revue de la littérature et des outils existants pour manipuler le caractère émotionnel d’une voix, dans le but de construire des expériences de cognition et parution d’un article (Arias *et al.*, *Emotion Review*, 2020). Le développement d’outils modernes de transformation de voix pour la recherche en psychologie/neurosciences a été une spécificité quasi unique au niveau mondial de l’équipe. Cet article fait la synthèse de nos travaux sur le sujet de 2016 à 2020.

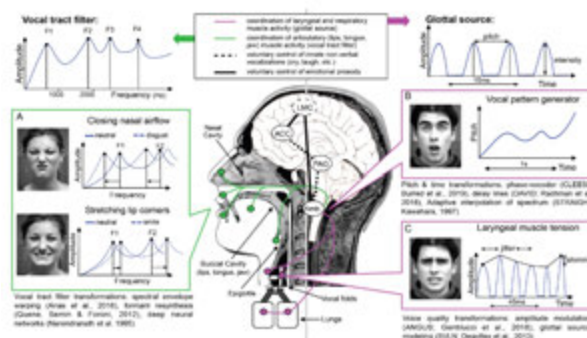


Figure 3. Schéma de synthèse de toutes les transformations vocales émotionnelles existantes, selon qu’elles affectent l’articulation (ex. sourire), la phonation (ex. rugosité), ou le contrôle prosodique (ex. vibrato) (Arias *et al.*, *Emotion Review*, 2020).

Réseau d’enseignement en design sonore

Une série d’entretiens avec des enseignants en design sonore et création sonore a été menée en questionnant les pratiques pédagogiques, les outils pour la création et la place des prototypes dans les phases de design. En complément de ces entretiens, une cartographie des différentes formations à la création sonore appliquée/design sonore a été élaborée. Cette recherche a pris place dans le cadre de l’écriture du chapitre « Les formations, le cas du DNSEP : se former à la création sonore pour imaginer le monde sonore de demain » à paraître dans un ouvrage sur le design sonore (Éditions Dunod).

## ■ Autres activités

### Contributions au Laboratoire

- Élaboration d'une convention d'échanges scientifiques entre le Laboratoire de mécanique et d'acoustique (CNRS) et l'Ircam.
- Site web PDS: clarification des publications dans HAL associées à PDS, proposition d'un format partagé de données individuelles.

### Pédagogie

- Coordination de la mention Design sonore à l'ESAD TALM Le Mans. La formation a été présentée au studio 5 en direct (01/02/2020) ainsi que lors du Forum des métiers du son à la Femis (22/01/2020) dans le cadre de la Semaine du son.
- Workshop applicatif dans le cadre du DNESP Design sonore: montage du partenariat avec la SNCF pour le workshop « application » de février 2020.
- Enseignements: M2 Musicologie et conception sonore (université Aix-Marseille); M1 et M2 DNSEP Design sonore (ESAD TALM Le Mans); 3<sup>e</sup> année Ingé., option Musique et science (École Centrale Nantes).
- Séminaires: TALM (L1).

### Événements

- Organisation: session « Perception inter-individuelle » au eFA2020.
- Organisation: sessions « Acoustic and Sound Design of the Future of Mobility: What would be the Sound of Silence? » au eFA2020, en cochair avec E. Altinsoy (TU Dresde).

### Expertises scientifiques

- Comité: jury M2 Musicologie et conception sonore (université Aix-Marseille).
- Revues: articles pour *JASA*, *ActaAcustica*, *SMC*.
- Conférences: eFA2020, eTimbre-2020.
- Séminaires: mercredis de STMS, « Le son pour le soin (*sounds-4care*), axe de recherche de l'équipe PDS».
- Groupe de travail: coréférent du GT-Son de l'AFIHM: « Interfaces sonores », <https://sites.cnam.fr/GTson/>

### Diffusion des connaissances

- Rencontre métier: Design sonore du véhicule électrique.
- Rencontre métier/ENSAD: Le design sonore.
- Interview Essentiel Media.
- Interview RTW « La science écoute le monde: le design sonore ».
- Interview Dessin/Dessein « Design sonore et musique ».
- Documentaire étudiant Eicar « De l'oreille au cœur ».
- Documentaire étudiant INA-ENS « Les sons du futur ».
- Table ronde: Semaine du son Unesco: « Penser ensemble le son des villes ».

## ÉQUIPE REPRÉSENTATIONS MUSICALES (REPMUS)

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	7	Revue à comité de lecture	7	Nationaux et régionaux : Contrat SU ACIMO Emergence(s)ACIDITEAM ANR MERCI ProAppMaMu SMIRZC GaSP (CNRS)	6	Grame, CIRMMT, McGill U., UNICAMP, USP, BEK, CNMAT, CCRMA, INRIA, C4DM/QMUL, KTH Royal Institute of Technology, LIRMM, IReMus, GRM, Collège de France, U. Paris-Est, ENS ULM et Lyon, UCSD, UCB, U. d'Évry, U. de Nagoya, U. de Salzbourg, Sorbonne Université, EHESS, U. du Minnesota, UJV Picardie, NII Tokyo, LIENS ENS, Cristal - Algomus (Lille), CNAM, ENAC à Toulouse, IRMA (Strasbourg), GREAM (Strasbourg), USIAS (Institut d'études avancées), U. de Bologne, Todai Tokyo U., Ben Gurion U., HEM Genève, U. de Pennsylvanie, Drexel U., Princeton U., NICS-UNICAMP, NYU, Tokyo Metr. U., EHESS, Barts Heart Centre, UCL Institute of Cardiovascular Science, Singapore, U. of Technology and Design	P. Manoury, P. Leroux, M. Stroppa, S. Eldar, L. Morciano, J.-M. Fernandez, J. MacCallum, B. Lubat, R. Fox, ONJ, M. A. Magalhaes, H. Sellin, S. Agger, M. Kimura, J. Bean, G. Nouno, A. Muller, S. Lemouton, M. Gentilucci, A. Harley, K. Soden, E. Chambaud, A. Farhang, N. Gimenez Comas, S. Lehman, M. Chemillier, G. Bloch, A. Vinjar, A. Einbond, S. Blondeau, R. Foulon, B. Gatinet, A. Schubert, G. Lorusso, V. Andres Hera, M. Mantovani, S. Luc, R. Imbert, A. Markeas, EIC, G. Lewis, E. Parker
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités, associés	8	Conférences avec comité de sélection	14	Internationaux : SSHRC Orchestration, ANR PRCI MAKIMONO, NVIDIA GPU grant SSHRC TENOR NSERC ACTOR ERC COSMOS	6		
Doctorants	19	Ouvrages et chapitres	5	Contrats industriels : CIFRE Arturia CIFRE Sony CSL	2		
Stagiaires	3	Thèses de doctorat et HDR	5				

Responsable : Gérard Assayag.

Chercheurs et ingénieurs statutaires (7) : Carlos Agon (PR UPMC),

Elaine Chew (DR CNRS), Philippe Esling (MC UPMC),

Jean-Louis Giavitto (DR CNRS), Karim Haddad (compositeur), Mikhail Malt (PAC Ircam), Jérôme Nika (CR Ircam).

Chercheurs et ingénieurs non statutaires (associés, post-docs),

chercheurs invités (8) : Tristan Carsault, Joakim Borg (MERC),

Lawrence Fyfe (ingénieur CNRS), Emma Frid (post-doc Conseil suédois de la recherche), Corentin Guichaoua (post-doc CNRS), Charles Picasso (ingénieur CNRS), Georges Bloch

(MC U. Strasbourg, chercheur associé), Moreno Andreatta

(DR CNRS IRMA/U. Strasbourg, chercheur associé).

Compositeurs invités, résidences (4) : Anders Vinjar (résidence IRC),

Aaron Einbond (résidence STARTS/Vertigo), Brice Gatinet (résidence ANR MAKIMONO), Claudy Malherbe (compositeur associé).

Doctorants (19) : Théis Bazin (CIFRE Sony CSL), Adrien Bitton,

Antoine Caillon, Axel Chemla-Romeu-Santos, Tristan Carsault,

Ninon Devis, Constance Douwes, Mathieu Prang, Alessandro Ratoci

(thèse en composition), Gonzalo Romero Garcia, Daniel Cabanzo,

Paul Lascabettes, Frédéric Le Bel, José Miguel Fernandez (thèse en

composition), Martin Fouilleul, Daniel Augusto Bedoya Ramos,

Matias Fernandez Rosales (thèse en composition,

collab. U. Strasbourg), Vanessa Pope, Simin Yang.

Stagiaires (3) : Joakim Borg, Max Gupta, Nicolas Narboni.

L'équipe Représentations musicales a pour objet les structures de la musique (ou l'« intelligence musicale ») telles que l'on peut les appréhender avec l'informatique pour les analyser, les formaliser, les représenter, les modéliser, les engendrer et les manipuler, dans un souci d'aide généralisée à la créativité musicale, dans les contextes de composition, de performance, d'improvisation ou de musicologie.

RepMus s'attache aux représentations à diverses échelles du symbolique au signal, depuis les aspects épistémologiques et mathématiques jusqu'à la recherche informatique et la production d'outils technologiques couramment utilisés par les musiciens. Ces méthodes et outils s'appliquent aux musiques écrites comme à celles de tradition orale.

La réflexion sur les représentations de haut niveau des concepts et des structures musicales, appuyée sur les langages et environnements informatiques originaux développés par l'équipe, débouche sur l'implantation de modèles qui peuvent se tourner vers la création comme vers l'analyse musicale. L'exploration du paradigme temporel généralisé offre des opportunités avec les nouveaux besoins pour le développement d'œuvres temps réel, interactives, ouvertes, collectives, improvisée, distribuées.

Les outils et les méthodes mobilisés relèvent notamment des domaines suivants : formalisation musicale, outils pour la composition, l'analyse, la performance et l'improvisation, programmation et DSL (*domain specific languages*, notations exécutables), mathématique musicale, IA créative et apprentissage, (co-)créativité computationnelle et agents autonomes, architectures cyber-temporelles (services liés à l'ordonnement du temps), systèmes hybrides.

Les recherches de RepMus sont désormais structurées en cinq champs thématiques :

- thématique (F)O(R)M : espaces formels, composition assistée (coord. C. Agon, K. Haddad, M. Malt, M. Andreatta);
- thématique COSMOS : Computational Shaping and Modeling of Musical Structures (coord. E. Chew);
- thématique REACH : cocréativité humaine et artificielle (coord. G. Assayag, J. Nika, G. Bloch);
- thématique ACIDS : IA créative et science des données (coord. P. Esling);
- thématique ECTIS : Écriture et contrôle du temps interactif et synchrone (coord. J.-L. Giavitto).

#### ■ Thématique (F)O(R)M : espaces formels, composition assistée (Coordination : C. Agon)

##### CAO

L'environnement OpenMusic a été distribué en versions 6.16 (janvier 2020) et 6.17 (août 2020), compatibles avec les dernières évolutions du système d'exploitation Mac OS (10.14/Mojave puis 10.15/Catalina) et intégrant diverses améliorations issues du suivi et des retours des utilisateurs, notamment via le Forum.

L'ensemble de l'écosystème OpenMusic est restructuré sous forme d'une « organisation » hébergée sur GitHub, rassemblant les sources de l'environnement, les bibliothèques externes (maintenues ou pas), releases et ressources, ainsi que les bibliothèques « support » (comme la bibliothèque audio), pour un total de 43 repositories (dépôts).

L'environnement « OM# », une ramification d'OM, issu des travaux de Jean Bresson (qui a depuis quitté l'Ircam pour rejoindre la compagnie Ableton) est, lui, accessible en open-source sur la plateforme collaborative GitHub.

La résidence en recherche musicale du compositeur Andres Vinjar (2019-2020) continue sur la thématique des modalités d'intégration de processus d'apprentissage automatique dans le cadre de la CAO et de l'environnement OpenMusic avec la nouvelle bibliothèque OM-AI.

La résidence STARTS « Cosmologies of the Concert Grand Piano » a été menée par le compositeur Aaron Einbond sur OM#/om-spat en collaboration avec Jean Bresson, Diemo Schwarz et Thibaut Carpentier. Le projet relie pour la première fois les techniques d'analyse des descripteurs audio et de synthèse par corpus avec la spatialisation en utilisant l'ambisonique d'ordre supérieur et l'apprentissage machine, permettant à l'ordinateur de combiner les schémas de rayonnement mesurés des instruments acoustiques avec l'amplification 3D de l'intérieur du piano. Le résultat artistique, *Cosmologies* pour piano et électronique 3D, a été créé par le pianiste Alvisé Sinivia à Ircam Live dans la Grande Salle du Centre Pompidou le 5 mars 2020 avec l'assistance de Manuel Poletti, Lucas Bagnoli et Clément Cerles.

La résidence longue durée du compositeur Claudy Malherbe commencée en 2019 se continue en 2020 avec le projet de 12 études pour piano investissant le domaine des morphologies, des automates cellulaires et des systèmes génératifs réactifs (SoMax) pour créer une progression vers la complexité, chaque niveau intégrant

des matériaux constitués déjà signifiants des niveaux précédents comme éléments atomiques.

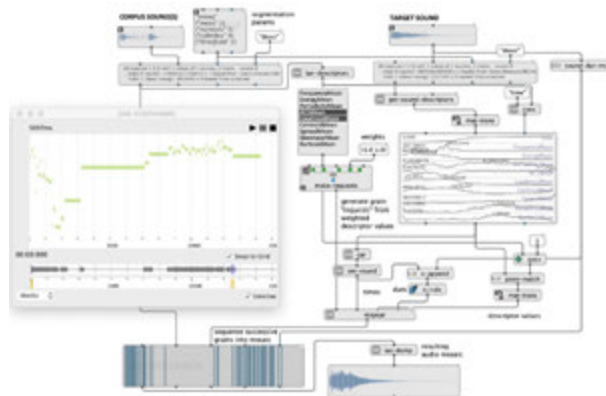


Figure 1. Patch de contrôle (en OpenMusic) de la synthèse granulaire utilisée dans le cadre de sa résidence STARTS pour la pièce *Cosmologies* pour piano et électronique 3D de Aaron Einbond, créée par le pianiste Alvisé Sinivia, au concert Ircam Live en mars 2020.

#### Recherches musicales, thèses en composition

- Thèse de Karim Haddad : « L'unité temporelle : une approche pour l'écriture de la durée et de sa quantification », soutenue le 13 novembre 2020 à l'Ircam.
- Poursuite du travail de rédaction de la thèse d'Alessandro Ratoci intitulée « Vers l'hybridation stylistique assistée par ordinateur » (doctorat Recherche en composition de Sorbonne Université en codirection avec Laurent Cugny et Moreno Andreatta). La thèse se déroule depuis le début à mi-temps (soutenance prévue en juillet 2022).
- La thèse de José Miguel Fernandez s'intitule : « Vers un système unifié d'interaction et de synchronisation en composition électroacoustique et mixte : partitions électroniques centralisées ». Elle vise à développer une notion de partition permettant la définition et le contrôle général de tous les processus électroniques, d'interaction et de synchronisation au sein d'un même environnement, en intégrant les événements musicaux, gestuels et visuels. L'enjeu artistique est l'écriture et la réalisation d'interactions mettant en rapport la liberté interprétative de l'artiste sur scène et les processus sonores en temps réel à partir de dispositifs de captation efficaces et de mécanismes de synchronisation. La centralisation de ces interactions au sein d'une même partition doit permettre une intégration fine de processus électroniques dynamiques et génératifs avec différents médias temporels. Le développement des outils informatiques correspondant doit permettre, lors de l'interprétation d'une œuvre musicale ou scénique, de réaliser les relations temporelles complexes exprimées dans la partition, en contrôlant en temps réel les flux d'événements interconnectant les performeurs, le public et les équipements électroniques permettant de gérer les dispositifs scéniques et les systèmes de production et de transformation du son. Plusieurs présentations prévues en 2020 ont été annulées suite aux contraintes sanitaires. Cette

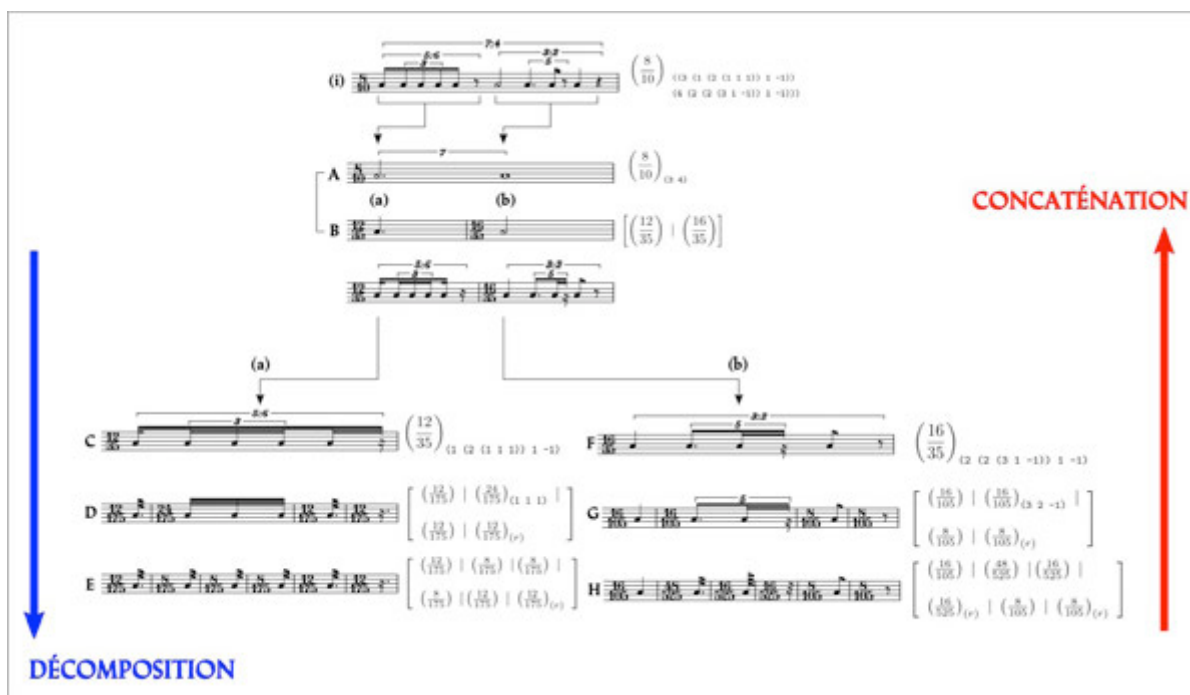


Figure 2. Les unités temporelles de Karim Haddad.

troisième année de thèse s'est conclue par la rédaction du manuscrit et devrait être soutenue au premier trimestre 2021. Un important travail de documentation est en cours, afin de permettre la diffusion des outils logiciels développés, en particulier *AntesCollider* qui intéresse plusieurs compositeurs.

- La thèse de Frédéric Le Bel, « Analyse computationnelle des relations entre les propriétés physiques et les propriétés perceptives liées à la discrimination des timbres sonores en contextes musicaux », dont la soutenance était prévue à l'automne 2020 a été interrompue pour cause de pandémie et d'une maladie grave de Frédéric Le Bel.
- La thèse de Daniel Cabanzo : « Correspondance entre systèmes de représentation musicale et transformations électroniques dans les œuvres mixtes en temps réel » est en attente, M. Cabanzo ayant pris une année de pause pour raisons familiales.
- Jean-François Ducher a décidé d'arrêter sa thèse « Les unités sémiotiques temporelles comme fondement de systèmes d'improvisation assistée par ordinateur ».

#### SMIR (Structural Music Information Research)

L'année 2020 a vu trois évolutions majeures du projet SMIR (Structural Music Information Research), mené initialement par Moreno Andreatta dans le cadre de sa fellowship USIAS et inscrit comme un véritable axe de recherche transversal depuis novembre 2019 dans l'organigramme de l'IRMA de Strasbourg (mais mené en collaboration avec le GREAM, la HEAR, le Conservatoire de Strasbourg et l'Ircam). Ce projet vise à constituer une nouvelle approche de type structurel dans le domaine de la Music Information Research et s'articule autour de quatre grands axes :

- morphologie mathématique (MM) et analyse des concepts formels (FCA) pour l'analyse musicale computationnelle ;
- Tonnetz généralisé, homologie persistante et classification stylistique automatique ;
- théorie des catégories et théories transformationnelles pour l'analyse musicale (assistée par ordinateur) ;
- problèmes théoriques posés par la musique et conjecture ouverte en mathématiques.

Outre ces quatre thématiques qui constituent les axes théoriques principaux du projet, un cinquième axe a été particulièrement exploré pendant l'année 2020 dans le cadre d'un sous-projet appelé ProAppMaMu (Processus et techniques d'apprentissage des savoirs mathémusicaux). Ce sous-projet, qui a bénéficié d'un soutien de la MITI du CNRS, vise à renforcer la réflexion sur la composante cognitive et perceptive des rapports mathématiques/musique. Pendant la première année du projet, qui se poursuivra en 2021, nous nous sommes concentrés sur l'apprentissage des concepts et structures mathématiques via la musique au niveau des collèges et lycées. Le résultat principal a été la conception et mise en place d'un atelier pédagogique centré sur l'apprentissage des représentations géométriques en musique. Nous avons pu tester cet atelier à la fois auprès des enseignants (dans le cadre de plusieurs formations organisées en collaboration avec le CNRS et les diverses académies) ainsi que dans de nombreuses classes d'élèves (en privilégiant les classes de seconde avec ou sans option musique). Les retours ont été très positifs des deux côtés. L'atelier, conçu de façon modulable afin de s'adapter aux différents publics, s'appuie sur l'environnement web et un support papier spécialement conçu et permettant à chaque élève d'assimiler de façon active les différentes notions. Un film, *Musique et mathématique : histoire d'une rencontre*, a également

été réalisé et mis librement à disposition sur la page web du projet à laquelle nous renvoyons pour l'ensemble des actions menées dans le cadre de ce projet (<http://repmus.ircam.fr/moreno/proappmamu>). L'atelier est accompagné par des actions visant la transmission des savoirs auprès du grand public dans une perspective dépassant les barrières entre musique savante et *popular music* (rock, jazz, pop, chanson). Ces actions sont menées sous la forme de conférences-concerts et de spectacles, placés sous la dénomination « Math'n Pop » (véritable levier grand public du projet SMIR et labellisé initialement dans le cadre des 80 ans du CNRS et de l'année des mathématiques, et qui a bénéficié d'un soutien de l'IDEX de l'université de Strasbourg tout au long de l'année 2020 dans le cadre de l'appel à projets « Université2Cité »). La liste des représentations assurées en 2020 est visible sur la page officielle du projet SMIR: <http://repmus.ircam.fr/moreno/smir>

Parmi les faits marquants de l'année 2020 dans le cadre des projets SMIR, ProAppMaMu et Math'nPop, on citera :

- réalisation d'un flyer et d'un film pédagogique, *Musique et mathématiques : histoire d'une rencontre* (disponible sur AuDiMath);
- focus sur l'environnement Tonnetz (une visite virtuelle de l'expo *LaLaLab* de Heidelberg), Journées d'informatique musicale, Strasbourg, 26-28 octobre 2020 (à distance);
- « An Introduction to the Generalized Tonnetz and its Perceptual Implications », DiMMI, université de Trento, Italie, 27 novembre 2020 (à distance);
- « Processes and techniques of *mathemusical* learning: how to teach maths through music via computer science », Symposium MusMat, 8-12 décembre 2020 (à distance);
- poursuite à l'Ircam de la thèse à l'interface entre musique savante et musiques actuelles d'Alessandro Ratoci intitulée « Vers l'hybridation stylistique assistée par ordinateur » (doctorat Recherche en composition de Sorbonne Université en codirection avec Laurent Cugny et Moreno Andreatta);
- poursuite de la thèse de Greta Lanzarotto consacrée aux conjectures mathématiques issues de la théorie musicale (« Conjecture de Fuglede et problème de construction des canons rythmiques mosaïques »), en cotutelle entre l'université de Pavie et l'université de Strasbourg (en collaboration avec l'Ircam). Date de soutenance prévue en décembre 2021;
- démarrage de la thèse de Matias Fernandez Rosales dans le nouveau doctorat Composition et interprétation (HEAR/université de Strasbourg). La thèse est consacrée aux modèles formels en composition assistée par ordinateur (avec focus sur OpenMusic) et elle codirigée par Moreno Andreatta et Daniel D'Adamo;
- poursuite de la collaboration avec Isabelle Bloch (Télécom/ParisTech) sur la morphologie mathématique, l'analyse des concepts formels et l'homologie persistante appliquées à la musique, en relation avec le pôle (F)O(R)M de RepMus;
- organisation par Moreno Andreatta, Corentin Guichaoua (projet COSMOS), Nathalie Hérold, Tom Mays et Daniel D'Adamo des

Journées d'informatique musicale (JIM 2020), 26-28 octobre 2020 (<https://jim2020.sciencesconf.org/>);

- adaptation par Corentin Guichaoua (projet COSMOS) de l'environnement Web Tonnetz en vue d'une série d'expériences perceptives menées actuellement dans le cadre du projet ProAppMaMu (en collaboration avec José-Luis Besada (université Complutense de Madrid) et Erica Bisesi (professeure associée à l'université de Montréal). L'environnement Tonnetz (disponible en ligne à l'adresse : <https://guichaoua.gitlab.io/web-hexachord/>) a été également intégré dans l'exposition *LaLaLab* organisée par la Heidelberg Laureate Foundation (qui a été prolongée jusqu'à fin décembre 2020).



Figure 3. Capture d'écran du film pédagogique *Musique et mathématiques : histoire d'une rencontre* (réalisé dans le cadre du projet ProAppMaMu, avec soutien de la MITI (Mission pour les initiatives transverses et interdisciplinaires) du CNRS. Disponible en ligne sur la page du projet (<http://repmus.ircam.fr/moreno/proappmamu>))

#### Morphologie mathématique et représentations algébriques pour l'analyse et la composition musicales

Début en 2020 de la thèse de Gonzalo Romero Garcia, co-encadrée par Isabelle Bloch et Carlos Agon.

La morphologie mathématique (MM) est une théorie générale de l'analyse de formes géométriques fondée, pour sa partie déterministe, sur des concepts empruntés à la théorie des treillis, la topologie, la géométrie discrète et la géométrie intégrale, entre autres. Elle a été étendue pour traiter des questions relatives au calcul spatial, aux raisonnements logiques, ou encore pour raisonner sur des concepts émanant de l'analyse des concepts formels.

Traditionnellement, la recherche en informatique musicale s'oriente vers des concepts et des outils qui s'appliquent soit à l'analyse du signal audio, soit à l'analyse de structures symboliques, de manière à peu près orthogonale.

D'un point de vue théorique, la thèse s'efforcera de faire le lien entre différentes structures algébriques et topologiques (treillis, graphes, complexes simpliciaux, entre autres) afin de mettre en évidence ce que pourrait apporter la morphologie mathématique dans la formalisation des structures musicales : analyses des divers types d'information (rythme, harmonie, forme, mélodie), à différentes échelles, identification des structures saillantes et du style, etc. Ces outils à caractère analytique pourront ensuite servir de base dans des approches génératives pour l'aide à la composition et enrichir



la représentation des données dans les langages de programmation pour l'analyse et la composition assistées par ordinateur.

Dans l'objectif de garantir des résultats computationnels, explicables et interprétables en musique, nous nous attacherons à la pertinence musicale des représentations et outils mathématiques et computationnels développés. C'est un aspect important et original de cette thèse, bénéficiant de l'environnement de l'Ircam qui favorise les interactions avec une grande communauté de compositeurs. Les résultats de cette thèse seront ensuite disponibles sous la forme de bibliothèques de programmes libres intégrées dans des applications professionnelles telles que OpenMusic ou Max/msp afin d'en favoriser une large utilisation en analyse et composition assistées par ordinateur.

### ■ Thématique COSMOS (Computational Shaping and Modeling of Musical Structures)

(Coordination E. Chew)

Le projet ERC COSMOS (Computational Shaping and Modeling of Musical Structures, [cosmos.cnrs.fr](http://cosmos.cnrs.fr)) a débuté le 1<sup>er</sup> juin 2019 au laboratoire STMS. COSMOS vise à utiliser la science des données, l'optimisation/analyse des données et la science citoyenne pour étudier les structures musicales telles qu'elles émergent dans la performance musicale et dans des sources inhabituelles comme les arythmies cardiaques. Les principales orientations de recherche en 2020 étaient les suivantes :

- analyse des structures musicales de la musique enregistrée en direct et des électrogrammes intracardiaques des patients porteurs de stimulateurs cardiaques biventriculaires écoutant la musique. L'étude « Cardiac Response to Live Music Performance » est une collaboration avec le Centre cardiaque de Barts et l'Institut des sciences cardiovasculaires de l'UCL à Londres, Royaume-Uni ;
- création de CosmoNote par Lawrence Fyfe : portail web pour la participation des scientifiques citoyens à l'annotation des structures prosodiques musicales créées et façonnées par les interprètes dans la communication de la musique. D. Bedoya y conçoit les études de science citoyenne associées au portail. C. Guichaoua conçoit des algorithmes pour automatiser l'analyse des structures exécutées ;
- test des limites du Bösendorfer Enspire PRO pour la reproduction de l'expressivité en ce qui concerne les variations acoustiques telles que la dynamique, le timbre, le pédalage et l'articulation. Étalonnage et cartographie du piano Bösendorfer Enspire PRO (D. Bedoya) afin de le préparer à la capture et à la reproduction haute-fidélité de performances d'experts. La cartographie est réalisée pour assurer la transférabilité des données.

Parmi les faits marquants de 2020, on peut citer les suivants sous forme de communication scientifique :

- ***EHRA Essentials 4 You*** : Elaine Chew et son collaborateur Pier Lambiasi ont réalisé une courte vidéo scientifique pour le portail en ligne de la European Heart Rhythm Association (EHRA), *EHRA Essentials 4 You*, en remplacement de la présentation en direct lors de la conférence EHRA 2020 annulée. Le communiqué de presse sur ce travail publié par la Société européenne de cardiologie a bénéficié d'une importante couverture médiatique, notamment dans *Der Spiegel*, la radio allemande WDR3 et le magazine Eppendorf *Off the Bench*.
- ***Little Etudes for piano*** : la courte vidéo d'Elaine Chew, Daniel Bedoya et Pier Lambiasi « *Little Etudes for piano, based on aberrations of cardiac electrophysiology* », a été présentée au Jardin AlxMusic de l'Ircam, et de nouveau lors de la Journée mondiale du cœur. Les compositions ont été initialement publiées, une par jour, pendant la World Heart Rhythm Week.
- ***Le piano virtuose*** : CNRS Images a produit la vidéo *Le piano virtuose* sur le projet COSMOS qui comprenait les membres de l'équipe : Corentin Guichaoua, Lawrence Fyfe, Daniel Bedoya et Elaine Chew. La vidéo a été présentée sur *CNRS Le Journal* et *Le Monde*, et a été visionnée plus de 13,5 K fois.

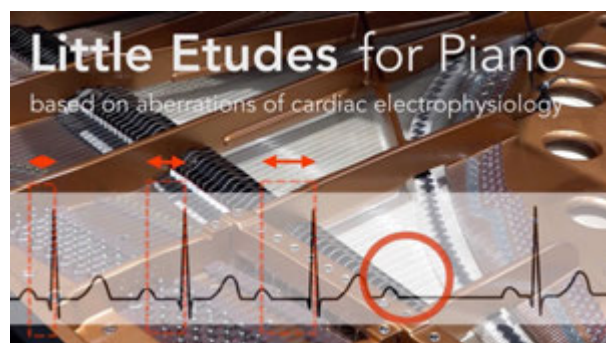


Figure 4. *Little Etudes for piano based on aberrations of cardiac electrophysiology* (<https://bit.ly/LittleEtudes-video>) produit pour le Jardin AlxMusic de l'Ircam à Ars Electronica 2020 et *Le piano virtuose* (<https://youtu.be/yXkwusNyte4>) produit par CNRS Images pour *CNRS Le Journal/Le Monde*.

### ■ Thématique REACH : cocréativité humaine et artificielle

(Coordination G. Assayag)

L'équipe explore de manière systématique le paradigme de la créativité computationnelle à l'aide de dispositifs inspirés par l'intelligence artificielle, ceci dans le sens des nouvelles interactions symboliques musicien-machine ou dans celui de la science des données et l'extraction des connaissances.

Les recherches sur l'apprentissage et la génération interactive d'improvisations ont abouti à un « paradigme » d'interaction illustré par les logiciels Omax, ImproteK et Somax. Ces logiciels sont caractérisés par une architecture combinant écoute artificielle du signal, découverte d'un vocabulaire symbolique, apprentissage statistique d'un modèle de séquence (factor oracle) et génération de nouvelles séquences dans les dimensions réactives et/ou planificatrices (scénario). Dans la lignée de ces travaux, le projet ANR DYCI2 a donné naissance à DYCI2//b (Python/Max), une librairie d'agents génératifs pour la performance et l'interaction musicale combinant les approches libres, planifiées et réactives de la génération à partir d'un corpus, ainsi que des modèles de scénarios dynamiques à court terme (« meta-Djing »). Le recrutement de Jérôme Nika en tant que chercheur dans l'équipe Représentations musicales pérennise ces thématiques et ouvre une dynamique de recherche articulant interaction, mémoire musicale et processus génératifs : composer à l'échelle de la narration ou du comportement, en synergie avec les nouveaux projets ANR MERCI et ERC REACH.

Par ailleurs, la tâche d'extraction automatique d'accords à partir d'un signal audio a été abordée en se basant sur le principe des auto-encodeurs variationnels : des réseaux de neurones génératifs ont été combinés à des modèles de classification afin de permettre un entraînement semi-supervisé. Ces travaux ont donné lieu à une collaboration avec l'équipe de Kyoto Université et la publication future d'un article dans le journal *IEEE/ACM TASLP*. L'impact de l'utilisation de méta-données telles que l'information de tonalité et la position du temps fort, a été étudié pour la prédiction de séquences d'accords. Ces deux thématiques ont été combinées afin de prototyper un module d'écoute intelligent fournissant des prédictions à court terme pouvant guider en temps réel les agents génératifs de co-improvisation de la librairie DYCI2. La thèse de Tristan Carsault regroupant ces contributions, intitulée « Introduction de connaissances musicales et analyse qualitative pour les tâches d'extraction et de prédiction d'accords par apprentissage machine », a été soutenue le 17 décembre 2020 à l'Ircam.

Les thématiques d'interaction avec des processus génératifs se renouvellent avec le lancement en janvier 2020 du projet ANR MERCI (Mixed Musical Reality with Creative Instruments, avec l'EHESS et la startup HyVibe), ainsi que l'obtention du projet européen ERC Advanced Grant REACH (Raising co-crEativity in Cyber-Human musicianship) soutenu par le European research Council, coordonnés par Gérard Assayag. Dans ces deux projets, la thématique de la cocréation est étendue au champ de la réalité mixte avec des instruments physiques comme ceux de HyVibe (MERCI), et à l'étude des réseaux cyber-humains dans lesquels la double rétroaction entre agents humains et artificiels crée un système complexe de co-apprentissage dans lequel la créativité apparaît comme un

type d'émergence de formes et de régimes temporels (REACH).

La mise en place d'environnements homme-machine puissants et réalistes pour l'improvisation nécessite d'aller au-delà de l'ingénierie logicielle des agents créatifs avec des capacités d'écoute et de génération de signaux audio. Ces projets proposent de renouveler radicalement le paradigme de l'interaction improvisée homme-machine en établissant un continuum allant de la logique musicale cocréative à une forme d'« interréalité physique » (un schéma de réalité mixte où le monde physique est activement modifié).

Merci / REACH  
DYCI2 diagram revisited

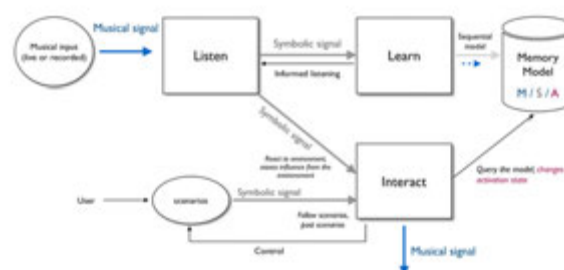


Figure 5. Diagramme des flux de données et des interactions entre les principaux modules fonctionnels du système DYCI2.

Faits marquants en 2020 :

- créations utilisant les logiciels de l'équipe : « Three ladies project » de Georges Bloch et Hervé Sellin, présenté au Festival ManiFeste, deux installations multimédia au Fresnoy-Studio national des arts contemporains (Vir Andres Heran, Jérôme Nika, Steve Lehman, Rémi Fox) ;
- lancement de nouvelles collaborations musicales sur le long terme et résidences, dont certaines donneront lieu à des productions en 2021 (Alexandros Markeas, ONJ (Fred Maurin), Rémi Fox, Claudy Malherbe...);
- lancement des projets ANR MERCI (janvier 2020) avec EHESS et HyVibe, et signature du Grant Agreement ERC REACH (juin 2020, PI G. Assayag) pour un démarrage en janvier 2021 ;
- recrutement de Jérôme Nika en tant que chercheur sur la thématique « interaction avec des processus musicaux génératifs : composer à l'échelle de la narration ou du comportement » ;
- refonte de l'interface de la librairie DYCI2, et nouvelle version de Somax II par Joakim Borg (soutenance de Master en juillet 2020, contrat ingénieur projet MERCI) intégrant des tutoriels et documentations interactifs, le support en multi-processing pour les interactions multi-agents, la génération et la modification en temps réel du modèle statistique, le support de fonctions compositionnelles en notation musicale, de nouveaux espaces de représentations et de transformations (transposition) ;
- soutenance de la thèse de Tristan Carsault, « Introduction de connaissances musicales et analyse qualitative pour les tâches d'extraction et de prédiction d'accords par apprentissage machine », le 17 décembre 2020 ;

- séjour de recherche de deux mois de G. Assayag au Machine Intelligence Lab de l'université de Tokyo sur un financement du JST japonais. Mise en place des préparatifs du workshop – festival international Improtech Paris-Tokyo pour l'année 2021 avec un réseau d'universités et de partenaires institutionnels japonais.

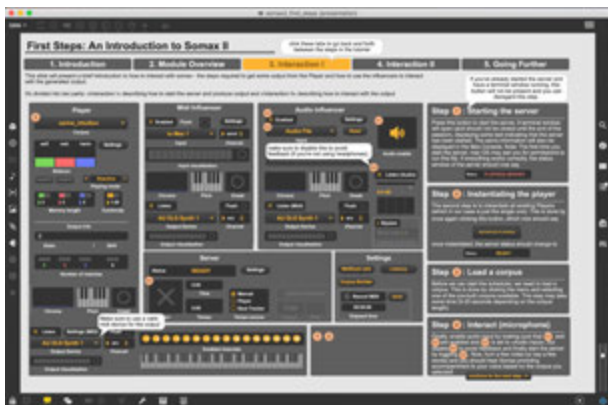


Figure 6. Somax II : tutoriel interactif.

### ■ Thématique ACIDS : IA créative et science des données

(Coordination P. Esling)

#### Orchestration

Cet axe de recherche s'attache à la création de nouveaux outils pour l'orchestration, sa création, sa perception et sa pédagogie. L'objectif est de développer des modèles généralisables d'apprentissage pour la pratique de l'orchestration, assistés par les nouvelles technologies d'informatique musicale, avec comme projet à long terme la construction d'un traité d'orchestration interactif intégrant les connaissances sur les pratiques, la perception, ainsi que des outils numériques pour la composition orchestrale. Depuis quatre ans, cette thématique s'oriente vers les problématiques d'apprentissage pour permettre d'explorer la grande combinatoire engendrée par l'orchestration, tout en conservant son orientation musicale et sa volonté de produire des logiciels créatifs. Ainsi, cette thématique est en lien fort avec le thème « Creative IA ». Sur la dernière année, ces deux thématiques ont de nouveau rencontré plusieurs succès avec l'obtention de nouveaux financements et contrats doctoraux permettant ainsi d'en assurer l'expansion.

Les recherches de cet axe ont amené de multiples partenariats avec plusieurs institutions articulées principalement autour de l'université McGill (Canada) et la Haute École de musique de Genève (Suisse). Elles sont concrétisées par plusieurs financements dont le projet ANR PRCI MAKIMOno (cofinancé par le NSERC) sur l'analyse de la perception orchestrale, et le consortium international ACTOR regroupant 19 institutions telles que Harvard University, UCSD et UdeM. Ce projet a également obtenu deux nouveaux financements. Parmi les faits marquants :

- finalisation de l'ANR PRCI MAKIMOno à 800 k€ (cofinancé par le NSERC au Canada), extension obtenue jusqu'au 31/12/2021 ;
- obtention d'un nouveau projet de recherche ACIMO à 100 k€ par Sorbonne Université :

- engagement d'un post-doc sur 1 an,
- investissement en cluster GPUs ;

- continuation du projet international ACTOR sur l'orchestration avec l'université McGill pour lequel l'Ircam est partenaire principal avec 19 institutions ;
- finalisation de la résidence de recherche/création de Brice Gatinet sur la « special track IA/Orchestration » des résidences Ircam ;
- démarrage d'une résidence de recherche de Maxime Mantovani ;
- travail de recherche et composition avec Alexander Schubert pour la pièce *Convergence* ;
- en succession du logiciel d'orchestration par ordinateur (*Orchids*) distribué depuis 2014 par le Forum Ircam, le développement se poursuit maintenant au travers de la librairie *Orchidea* en partenariat avec l'université de Berkeley (C. Cela).

#### ACIDS

Ce projet, articulé autour du nouveau groupe-projet Artificial Creative Intelligence and Data Science (ACIDS) de l'équipe RepMus, s'attache à comprendre « l'intelligence créative » par deux principaux apports. D'une part, il se donne pour objectif de contribuer à mieux comprendre la créativité humaine et artificielle et, d'autre part, de modéliser des phénomènes qui sont intrinsèquement d'une grande complexité. Nous cherchons plus précisément à étendre les approches d'*apprentissage profond* à l'utilisation de séries temporelles multivariées et multimodales, à travers notamment l'analyse de l'*orchestration* et des relations existantes entre le symbole (écriture musicale) et le signal (flux audio). Nous proposons d'introduire l'apprentissage (basé sur les corrélations trouvées dans le travail de compositeurs reconnus) d'*espaces multimodaux* permettant de déchiffrer les interactions entre signal et symbole. Le projet amène à la création d'un axe fort autour de l'apprentissage automatique à travers le groupe ACIDS et bénéficie de six thèses de doctorat ainsi que de multiples financements, et est également marqué cette année par le développement de plusieurs collaborations industrielles (SonyCSL, Arturia) et internationales (Japon).

Les thèses en cours en 2020 concernent l'apprentissage symbolique pour l'orchestration avec une nouvelle bourse GPU, les problématiques d'apprentissage de variétés multidimensionnelles pour la compréhension du signal orchestral et la générativité interactive (A. Chemla), les espaces variationnels de signaux multivariés (A. Bitton), la modélisation de processus créatifs et l'inférence semi-supervisée de structure (T. Carsault), l'apprentissage d'espaces symboliques multimodaux pour la composition orchestrale (M. Prang).

Parmi les faits marquants :

- multiples participations et coordination Ircam/Ars Electronica par trois interventions :
  - conférence et discussion autour de l'IA créative (avec E. Chew et D. Herremans),

- ensemble de vidéos de démonstrations et concerts,
- workshop AI in 64kb;
- démarrage de deux nouveaux financements autour de l’IA créative avec démarrage en 2020 – SU ACIMO (90 k€) et Emergence(s) ville de Paris (250 k€);
- keynote conférence de Philippe Esling au JIM 2020. Renforcement du partenariat avec l’université de Tokyo (laboratoire de Tatsuya Harada) avec le déplacement de Philippe Esling au Japon (janvier-mars 2020) comme chercheur invité, ainsi que les échanges suivants de plusieurs étudiants;
- renforcement du partenariat avec le Japon (MIL, Tatsuya Harada et KU, K. Yoshii), avec :
  - échange de recherche d’Adrien Bitton avec le MIL de Tokyo et de Tristan Carsault avec l’université de Kyoto (laboratoire de Kazuyoshi Yoshii),
  - P. Esling lauréat d’une bourse JSPS comme chercheur invité au Machine Intelligence Laboratory (MIL) à Tokyo;
- démarrage de la thèse de Ninon Devis sur la miniaturisation des algorithmes de Deep Learning pour l’embarqué et les synthétiseurs modulaires;
- soutenance de la thèse d’Axel Chemla à Milan en janvier 2020 sur l’apprentissage automatique pour la synthèse audio;
- soutenance de thèse de Tristan Carsault en décembre 2020 sur l’apprentissage automatique appliqué à la prédiction d’accords pour l’improvisation;
- continuation de thèse sur l’apprentissage automatique de paramètres de synthèse en CIFRE avec Sony CSL (T. Bazin);
- démarrage de deux thèses (C. Douwes, A. Caillon) autour de l’apprentissage automatique pour la synthèse orchestrale;
- travail de recherche/création musicale simultanée avec :
  - Alexander Schubert (commande Ircam),
  - Giulia Lorusso (résidence recherche Ircam);
- extension et développement du FlowSynthesizer, logiciel présenté sous forme de device Max4Live permettant l’inférence de paramètres de synthèse depuis un fichier audio.

■ **Thématique ECTIS : Écriture et contrôle du temps interactif et synchrone**

(Coordination J.-L. Giavitto)

Cet axe de travail vise à développer les notions et les langages permettant de programmer des interactions musicales complexes en temps réel lors de performances. Les travaux de cette année se sont concentrés sur les évolutions du système Antescofo qui visent à renforcer sa bibliothèque – en particulier par des fonctions de manipulation symbolique utiles à la CAO –, le développement d’application de synthèse et de contrôle de sons distribués, et le travail de doctorat de Martin Fouilleul.

Programmation d’agents sonores asynchrones

Plusieurs productions récentes (*Biotope* de Jean-Luc Hervé, l’opéra *Like Flesh* de Sivan Eldar prévu à Lille en 2022) développent une approche nouvelle du son spatialisé : il ne s’agit pas de recréer une image acoustique virtuelle réaliste mais de produire de manière spatialement distribuée un paysage sonore. Dans le cas de *Like Flesh*, 62 haut-parleurs dispersés dans la salle de concert au milieu des spectateurs, viendront compléter l’orchestre (*Biotope* mobilisait 32 Raspberry Pi autonomes, dispersés dans les salles d’un musée, chacun équipé d’un haut-parleur). Pour soutenir l’expérimentation de ces nouveaux dispositifs, la moitié du financement CNRS de la plateforme GaSP (plateforme temps réel « Geste – image – son pour la performance ») obtenu cette année a été consacrée l’acquisition de 50 Raspberry Pi qui viennent compléter ceux déjà acquis.

Ces dispositifs massifs induisent le développement de nouvelles approches compositionnelles et de nouveaux outils d’écriture qui les accompagnent. Augustin Muller et Sivan Eldar ont développé une notion d’agent sonore autonome, en s’appuyant sur la notion d’acteur en Antescofo. Ces agents constituent des systèmes génératifs qui transforment par des techniques de réécriture (grammaire) des phrases musicales. Les séquences de notes produites pilotent ensuite un échantillonneur qui attaque directement un des 64 haut-parleurs. L’expérimentation, de grande ampleur, a permis

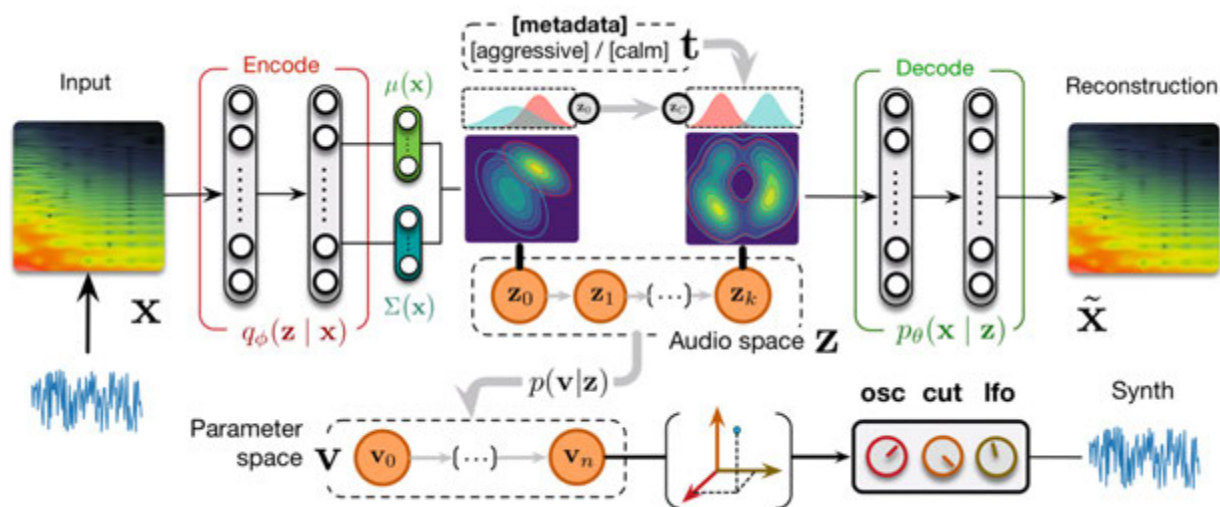


Figure 7. ACIDS: FlowSynthesizer (Max4Live) – Apprentissage d’un espace latent audio (z) représentant les capacités d’un synthétiseur, et correspondance avec l’espace (v) des paramètres de synthèse, à l’aide d’un auto-encodeur variationnel (VAE) (Esling et al., *Applied Science*).

d'optimiser certains calculs dans Antescofo et de valider plusieurs constructions nouvellement introduites dans le langage. Il a fallu aussi imaginer et tester plusieurs techniques de synchronisation de ces agents sonores (sur une grille temporelle prédéfinie, par élection distribuée, en position et en vitesse, etc.) inspirées de mécanismes proposés dans le domaine de la « programmation amorphe ». Ces mécanismes sont également utiles aux approches de synthèse par acteur développées par José Miguel dans le cadre de son travail de thèse et se retrouvent aussi dans la « Polyrhythmic Machine », un processus génératif conçu par Yan Maresz.



Figure 8. Photo d'une performance du projet Las Pintas dans le dôme de la SAT Montréal (José Miguel Fernandez). Le dispositif utilise Antescofo pour la génération sonore et couple deux systèmes génératifs, l'un pour l'audio et l'autre pour la vidéo, chacun communiquant à l'autre des descripteurs du médium généré.

#### BLITz: bibliothèques et langages pour l'interaction temporelle distribuée

L'objectif du projet BLITz est de concevoir des API et des langages permettant aux artistes et aux techniciens de plateaux de : a) spécifier de manière unifiée et centralisée, lors de la phase de conception, les interactions temporelles entre éléments musicaux et scéniques (vidéos, lumières, mécatroniques); et b) contrôler, en temps réel lors de la performance, les flux d'événements complexes interconnectant les interprètes, le public, les équipements électroniques permettant de gérer les dispositifs scéniques et les systèmes de production et de transformation du son.

Le travail de doctorat de Martin Fouilleul s'est consacré cette année au développement d'une librairie de protocoles distribués: implémentation optimisée d'une couche de transport OSC étendue afin de gérer les imbrications de données, protocoles d'élection, synchronisation d'horloge. Une première version d'un ordonnanceur temporel multi-échelle a été proposé. Ces services sont accessibles sous la forme d'external Max/MSP ou PureData, ainsi que sous la forme de librairie Python. Ces développements ont été validés dans le cadre d'un projet artistique avec le compositeur Pedro Garcia Velasquez et l'ensemble Le Balcon. Ce projet met en œuvre un orchestre de percussions jouées par des bras robotiques (voir figure 9). Les servomoteurs des bras sont contrôlés par des RaspberryPi connectés en réseau ethernet ou wifi. Un patch Max4Live utilisant nos objets Max permet de découvrir et d'adresser des messages OSC aux Raspberry Pi depuis le séquenceur Live ou depuis un clavier MIDI.

Sur chaque Raspberry, un service Python permet de se signaler au patch, de recevoir ses messages OSC et de contrôler les servomoteurs du robot pour produire les gestes désirés.

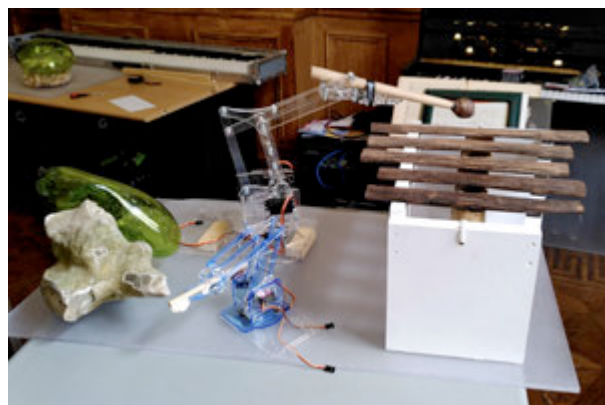


Figure 9. Actuation de bras robotisés pour une installation de Pedro Garcia Velasquez à la Fondation Singer-Polignac. Le dispositif utilise le système de serveur de temps et le protocole de diffusion de messages datés développé par Martin Fouilleul dans le projet BLITz pour l'exécution distribuée d'une partition centralisée.

Parmi les faits marquants :

- organisation et animation par Jean-Louis Giavitto de l'exposition virtuelle *Machines of Loving Grace*. Deux webinaires, *Working Creatively with Machines* et *Performances with Machines*, organisés dans le cadre de la semaine France-Atlanta avec l'Ambassade de France et le Consulat de France à Atlanta et des partenaires américains: NYU, UC Berkeley et GeorgiaTech;
- Comité scientifique du colloque *Recherches en musique, Rencontres nationales sur les recherches en musique* organisé par la Direction générale de la création artistique – Ministère de la Culture, 15 et 16 octobre 2020 (interventions enregistrées);
- Sasha Blondeau, Franck Bedrossian, Jean-Louis Giavitto, débat animé par Suzanne Gervais, « Intelligence artificielle, la musique du futur? » (une heure d'interview sur France Musique dans le cadre du Carrefour de la création, première diffusion le 29 novembre 2020);
- séminaire « Comment préserver la musique mixte temps réel » organisé et animé par Jean-Louis Giavitto avec Miller Puckette, Eric Lindemann, Philippe Manoury et Serge Lemouton le 16 décembre 2020;
- développement et signature d'une convention de collaboration avec La Scène Recherche de l'ENS Saclay, et collaboration pour la création d'un programme Art-Science dans le cadre de l'année de césure des étudiants normaliens;
- utilisation des outils logiciels BLITz développés dans le cadre de la thèse de Martin Fouilleul dans trois productions de Pedro Garcia Velasquez avec Le Balcon.

## ÉQUIPE SYSTÈMES ET SIGNAUX SONORES : AUDIO/ACOUSTIQUE, INSTRUMENTS (S3AM)

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques		Collaborations artistiques	
Chercheurs et ingénieurs statutaires	6	Revue à comité de lecture	5	Nationaux et régionaux :  ANR Infidhem ANR Finite4SoS MINES-Mécatronique	3	Cambridge Univ. (UK) C2RMF-Louvre (Paris) CRC-Musée de la Musique-Philharmonie (Paris) EPCC-Edinburgh Univ. (UK) EPFL (Suisse) GIPSA-lab (Grenoble) IJLRA-SU (Paris) IMJPRG-SU (Paris) Imperial College London (UK)	J.-E. Sotty  H. P. Stubbe Teglbjaerg  F. Krouchi		
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	3	Conférences avec comité de sélection	6	Internationaux	0	ISAE-Sup'Aéro (Toulouse) INP (Paris) LAGEP-Univ. Lyon 1 LaSiE-Univ. La Rochelle LMA-CNRS (Marseille) LMD-ENS (Paris) LPL-CNRS (Aix-en-Provence)			
Doctorants	8	Ouvrages et chapitres	0	Contrats industriels :  Plugivery UVI	2	Mines-ParisTech (Paris) NTNU (Trondheim, Norvège) SATIE-CYU (Cergy) Thalès Group (France) Université du Littoral Côte d'Opale (France) UNSW (Sydney, Australie)			
Stagiaires	3	Thèses de doctorat et HDR	0	Déclarations d'invention	1				

Responsable Thomas Hélie.

Chercheurs et ingénieurs statutaires (6) : Brigitte d'Andréa-Novel (SU),

Koëml Bensoam, Henri Boutin (SU), René Caussé (émérite),

Robert Piechaud, David Roze (CNRS).

Chercheurs non statutaires (associés, post-docs), chercheurs invités (3) :

Julie Delisle, Antoine Falaize, Fabrice Silva.

Doctorants (8) : Pierre Carré, Judy Najnudel, Victor Wetzel,

Marc Wijnand, Loïc Forma, Rémy Muller, Alexis Thibault,

Colette Voisembert.

Compositeurs/artistes invités (3) : Hans Peter Stubbe Teglbjaerg,

Floy Krouchi, Jean-Étienne Sotty.

L'équipe S3AM élabore des outils théoriques, technologiques et expérimentaux portant sur les systèmes multiphysiques et les signaux sonores qu'ils produisent. Elle s'intéresse à explorer, comprendre, reproduire avec réalisme ou inventer des objets sonores en audio, en acoustique, avec une focalisation sur les instruments de musique jusqu'à la production de la voix. Plus précisément, les objectifs sont de modéliser, simuler, identifier et optimiser ces systèmes (voix, musicien/instrument, haut-parleurs, effets électroniques audio, etc.), avec pour particularité de s'appuyer sur la physique pour faire émerger des structures intrinsèques et en bénéficier. L'équipe élabore des méthodes d'analyse, transformation, contrôle et simulation de sons et des outils d'aide à la conception, dans des paradigmes virtuels, réels ou hybrides.

Dans cette démarche, l'approche globale « systèmes et signaux » apporte une synergie dès la conception des outils, en connectant

(et non simplement en juxtaposant) plusieurs disciplines et champs scientifiques : physique, théorie des systèmes et du contrôle, géométrie différentielle, analyse numérique, traitement du signal, informatique, électronique, mécatronique et robotique.

Les applications visées concernent les domaines scientifiques, artistiques, pédagogiques et de la santé.

#### Thématiques principales

Les thématiques traitées par l'équipes S3AM sont : 1) modélisation physique des instruments de musique et de la voix, 2) acoustique instrumentale, 3) synthèse sonore par modélisation physique, 4) plateformes expérimentales robotisées : bouche artificielle robotisée pour le jeu des cuivres, appareil vocal robotisé à l'échelle 1:1, 5) identification de systèmes non linéaires, 6) contrôle de systèmes non linéaires.

#### Domaines de compétences

Les domaines de compétences sont : 1) acoustique, 2) mécanique, 3) systèmes non linéaires, 4) géométrie différentielle, 5) contrôle, 6) théorie du signal, 7) analyse numérique, 8) expérimentation, 9) mécatronique, 10) synthèse sonore, 11) lutherie réelle et virtuelle.

Les résultats marquants en 2020 sont développés selon trois axes principaux :

- problèmes directs : modéliser et simuler avec des garanties ;
- problèmes inverses : analyser, contrôler et optimiser ;
- développements technologiques et expérimentaux : explorer, mesurer et reprogrammer la (bio-) physique.

#### ■ Axe 1. Problèmes directs : modéliser et simuler avec des garanties

##### Réduction de modèle non linéaire par décomposition modale et séries de Volterra convergentes

T. Hélie et B. Laroche (INRA UNITE MaIAGE)

Ce travail porte sur la simulation à faible coût d'une classe de problèmes aux limites (espace-temps) non linéaires en combinant décomposition modale (problèmes aux limites) et décomposition en séries de Volterra (problèmes non linéaires). Une première étape avait consisté à obtenir des bornes garanties sur les erreurs d'approximation dues aux troncatures modales (réduction d'ordre) et des séries de Volterra (pré-résolution explicite des représentations d'état). Une application au cas d'une poutre de Bernoulli a été proposée. Un résultat nouveau (théorème) est l'amélioration significative des bornes de convergence et d'erreur de troncature de la série. Ce résultat exploite la structure des non-linéarités lorsque celles-ci agissent seulement sur des sous-espaces d'état. Un article de revue est en rédaction.

##### Modélisation et simulation de la corde frottée dans le formalisme des systèmes hamiltoniens à ports : application à la synthèse sonore

D. Roze et A. Falaize (LASIE, université de La Rochelle).

Ces travaux ont permis d'écrire un modèle d'interaction générique dans le formalisme des systèmes hamiltoniens à ports. Ce modèle d'interaction qui peut permettre différents types de connexion (frotter, frapper, etc.) a été appliqué à un modèle de corde, discrétisé par décomposition modale et par la méthode des éléments finis. L'utilisation de la loi de frottement élastoplastique de Dupont permet d'avoir accès à différents paramètres physiques de l'action de l'archet sur la corde. Des simulations ont permis de mettre en évidence des auto-oscillations et le mouvement de Helmholtz pour des paramètres adaptés de force et de vitesse d'archet. Les contributions sont :

- création d'un modèle d'interaction générique dans le formalisme des SHP ;
- pré-résolution de l'interaction entre la corde et l'archet permettant une réalisation à faible coût ;
- simulation numérique d'une corde frottée à bilan de puissance garantie avec une grande paramétrisation de la loi de frottement.

##### Geometry in Acoustics for Sound Synthesis

Thèse de P. Carré (ED SMAER, depuis octobre 2018, codirection J. Bensoam et B. d'Andréa-Novel).

La complexité apportée par les non-linéarités intrinsèques des sons musicaux rend inadaptée l'approche computationnelle standard pour la synthèse sonore (synthèse modale). De nouvelles méthodes numériques sont donc envisagées, fondées sur la prise en compte de la structure des systèmes physiques, et garantissant par construction la conservation des invariants physiques du système. Les contributions pour l'année 2020 ont été :

- l'élaboration d'un formalisme continu et de son pendant discret, à partir de l'étude et de la synthèse de plusieurs travaux dans le domaine, pour permettre une formulation unifiée des problèmes physiques lagrangiens ;
- la comparaison de méthodes numériques géométriques issues d'approches computationnelles différentes, et leur description dans le formalisme mentionné ;
- le développement d'une librairie en C++ basée sur le travail précédent, axé sur la modularité, la facilité d'utilisation, et une approche unifiée des problèmes physiques.

Ce travail sera étendu et complété pour le cas des systèmes multi-symplectiques (PDEs), et appliqué au modèle de poutre de Reissner à des fins de synthèse sonore.

##### Simulation en temps continu à bilan de puissance équilibré de circuits audio non linéaires : traitement en temps réel et rejet du repliement spectral

Thèse de R. Muller (financée par UVI, depuis décembre 2015 pour une durée de cinq ans à mi-temps, sous la direction de T. Hélie).

Des méthodes numériques précédemment élaborées dans l'équipe permettent de garantir l'équilibre de bilans de puissance et la passivité et, pour une large classe de systèmes non linéaires, d'aboutir à un solveur non itératif, avec une précision numérique d'ordre 2. Cette thèse a permis d'étendre ces résultats au cas d'approximations numériques passives de trajectoires continues, avec une approche en fonctionnelles par trame. Par projection spectrale, il est désormais possible (théorème) de générer des intégrateurs géométriques d'ordre aussi grand que souhaité. Le travail de cette année s'est concentré sur la conception de telles méthodes pour des systèmes passifs bien posés mais décrits implicitement. La motivation est triple : certains composants électroniques n'admettent que des formulations implicites, la connexion de composants conduit parfois à des contraintes algébriques implicites, enfin, les schémas de discrétisation stables appliqués à des modèles explicites conduisent généralement à des équations algébriques implicites. Nous avons proposé des descriptions implicites paramétrées des composants (capables de représenter aussi les commutations ou des lois à régularité affaiblie) et une méthode de résolution temporelle adaptée. Les illustrations sur des circuits non linéaires simples choisis (présentés à la conférence eDAFx-2020) montrent l'efficacité de cette méthode (faible nombre d'itérations requises par le solveur, y compris dans les zones délicates où le problème à résoudre est raide, voir figure 1).

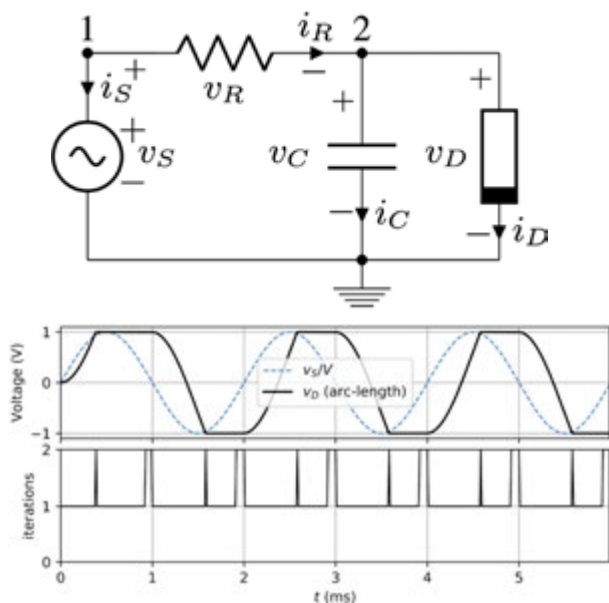


Figure 1. Circuit Diode clipper : circuit et simulation à passivité garantie pour la méthode utilisant les formulations implicites de composants. Le nombre d'itérations dans le solveur est réduit à 1 sur les zones douces et à 2 sur les zones raides (commutation de la diode entre les modes « passant » et « saturé »).

Le manuscrit de thèse (en rédaction) comporte plusieurs applications incluant quelques circuits emblématiques (FuzzFace, BigMuff toneclipper, TubeScreamerdrivestage, KorgMS-20 Filter, FitzHugh–Nagumo Relaxation Oscillator, Passive Peaking Equalizer) qui mettent en valeur l'intérêt des travaux théoriques (trajectoire continue, passivité, anti-repliement spectral, ordre de précision, etc.) et de l'approche générale et originale choisie dans cette thèse.

Modélisation de composants électroniques non linéaires, identification et génération de code pour la production de fac-similés virtuels d'effets audio

Thèse CIFRE de J. Najnudel (ED EDITE, depuis juillet 2019, direction T. Hélie, encadrement D. Roze et R. Müller, financement UVI).

L'objectif de cette thèse est de proposer des objets virtuels physiquement réalistes, clones de circuits électroniques analogiques audio emblématiques. On s'intéresse en particulier aux premières générations de compresseurs, égaliseurs et amplificateurs, comportant des transformateurs, des lampes et des composants opto-électroniques méconnus. Le travail de modélisation s'appuie sur le formalisme des systèmes hamiltoniens à ports (SHP).

Les contributions principales pour l'année 2020 sont :

- modélisation d'une bobine ferromagnétique en SHP, réunissant à la fois interprétabilité physique, passivité, modularité (connexion électro-magnétique et thermique à d'autres composants et ports), et complexité réduite (peu de variables et paramètres). À notre connaissance, aucun autre modèle de la littérature ne réunit simultanément l'ensemble de ces critères. Le modèle proposé repose sur des concepts de la physique statistique, ce qui permet de prendre explicitement en compte l'influence de phénomènes thermodynamiques. Cette approche

permet de reproduire les effets de saturation et d'hystérésis observés à l'échelle macroscopique sur ce type de composant (figures 2 et 3) ;

- publication d'un article de conférence : « A Power-Balanced Dynamic Model of Ferromagnetic Coils », DAFx-20 ;
- soumission d'un article de revue : « Power-balanced Modeling of non-linear Coils and Transformers for Audio Circuits », JAES, Special Issue on Advancements in Digital Audio Effects (en review) ;
- développement de plugins audio temps réel simulant des circuits : passe-haut, passe-bande, peaking EQ, transformateur. Le passe-haut a été intégré dans la version 2.1 du synthétiseur hybride Falcon, commercialisé par la société UVI.

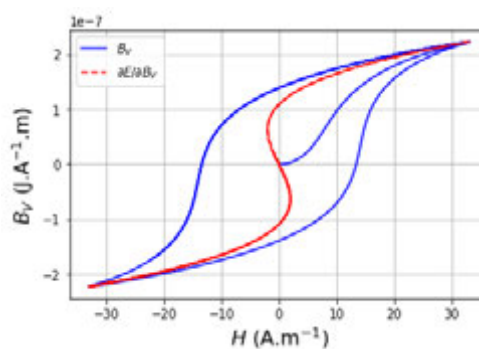


Figure 2. Loi d'effort théorique du noyau ferromagnétique (en rouge) et comportement réel dû au couplage avec la bobine (en bleu).

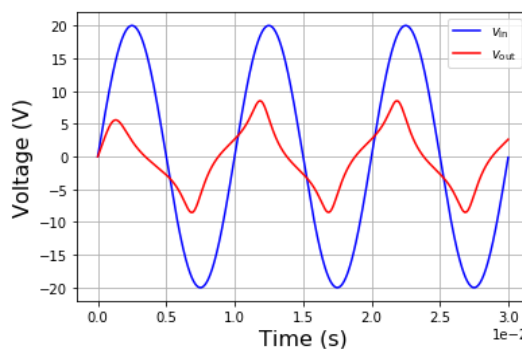


Figure 3. Simulation de la tension en sortie d'un transformateur à noyau ferromagnétique pour une excitation sinusoïdale.

Modélisation de résonateurs d'instruments à vent : pertes dans les cônes, courbure des isobares et passivité

Stage d'Alexis Thibault (mars-juin 2020, sous la direction de T. Hélie et H. Boutin).

Ce stage portait sur la modélisation de tubes acoustiques axisymétriques de perce variable pour les instruments à vent, s'appuyant sur les travaux précédents de l'équipe (HdR de T. Hélie, thèse de R. Mignot, stage de T. Hézard).

Le but était d'obtenir un modèle 1D ou quasi-1D de la propagation des ondes, incluant les pertes acoustiques et la non-planarité des fronts d'ondes, et qui puisse être simulé numériquement avec une approximation d'ordre fini à passivité garantie. Plusieurs travaux ont été réalisés :



- généralisation aux tuyaux coniques du modèle de pertes acoustiques « low reduced frequency » de Zwikker & Kosten. Début de rédaction d'un article;
- proposition d'un modèle 1D de propagation acoustique prenant en compte la courbure des isobares, faisant apparaître un rayon effectif calculable à partir d'une solution d'une équation de Laplace;
- étude des conditions de passivité d'un modèle de tuyau acoustique à fonctions de transfert rationnelles.

#### Modélisation et simulation en domaine temporel d'instruments à vent

Thèse d'Alexis Thibault (depuis septembre 2020, sous la codirection de Juliette Chabassier (Inria Bordeaux) et Thomas Hélié, avec co-encadrement d'Henri Boutin).

Ce sujet porte sur la modélisation mathématique et la simulation numérique en domaine temporel d'instruments de musique à vent. Les enjeux centraux concernent la stabilité et la précision numérique, afin d'approcher au mieux des modèles réalistes dans une approche interdisciplinaire croisant l'acoustique musicale et l'analyse numérique.

Les thématiques abordées couvriront les difficultés suivantes, partiellement défrichées par les membres du consortium :

- modélisation de différents phénomènes physiques ayant lieu dans un instrument à vent : étude de différents modèles conservatifs à une dimension d'espace pour la propagation des ondes sonores dans un tuyau de n'importe quelle forme, dérivation d'un nouveau modèle de jonction de tuyaux stable en domaine temporel, présence de pertes non linéaires dans les cheminées et au pavillon, modèles conservant un bilan d'énergie pour des excitateurs de type anche simple, valve, jet hydrodynamique, modélisation des pertes aux parois des tuyaux en bois poreux. Analyse des modèles;
- développement de méthodes numériques stables, précises et adaptées : écriture sous la forme de systèmes hamiltoniens à ports, méthodes aux éléments finis pour la propagation d'ondes, schémas numériques préservant une énergie discrète, représentation diffusible d'opérateurs linéaires à spectre complexe, analyse numérique espace temps.

Les méthodes numériques seront développées au fur et à mesure et implémentées dans le logiciel OpenWIND et d'autres tels que Modalys, Eolys ou PyPHS, permettant de toucher plusieurs champs applicatifs et communautés (scientifiques, luthiers, compositeurs, etc.). Les travaux de simulation en temps réel éléments finis avec pertes viscothermiques effectués en 2019 au cours du stage à l'Inria ont fait l'objet d'un article soumis à *JASA* et d'une présentation au e-FA2020.

#### Modélisation physique à bilan de puissance équilibré pour la synthèse vocale

Stage de Colette Voisembert (M2 ATIAM, mars-août 2020, encadrement V. Wetzel, T. Hélié, F. Silva, LMA-Marseille).

L'appareil vocal est un système multiphysique qui est le siège de phénomènes complexes. Ce stage s'est concentré sur le conduit vocal et, en particulier, sa modélisation physique prenant en compte la mobilité des parois et garantissant un bilan de puissance équilibré. Une discrétisation spatiale préservant cette propriété et permettant des simulations peu coûteuses ont d'abord été élaborées en s'appuyant sur une méthode de la littérature (G. Golo *et al.*, « Hamiltonian Discretization of Boundary Control Systems », *Automatica (Journal of IFAC)* 40, n° 5, 2004). Les nouveautés établies pendant le stage sont :

- une extension de la méthode numérique originale (Golo). Elle permet de passer d'une discrétisation simple des champs (en fonctions constantes par morceau) à une discrétisation par un nombre choisi de fonctions de base avec une régularité choisie. De plus, ces fonctions sont élaborées pour rendre la formulation matricielle du problème creuse et structurée pour réduire la charge computationnelle du solveur;
- l'élaboration d'un modèle 1D de pavillon à paroi mobile et énergétiquement bien posé (SHP);
- une nouvelle adaptation de la méthode numérique (Golo) permettant de prendre en compte des entrées distribuées, permettant de considérer les excitations dues aux mouvements de paroi du conduit vocal.

#### Interconnexion de résonateurs non linéaires dans le formalisme des systèmes hamiltoniens à ports : modélisation, réduction d'ordre et synthèse sonore à passivité garantie

Thèse de Colette Voisembert (SMAER ED-391, octobre 2020-2023, direction T. Hélié, co-encadrement D. Roze et collaboration F. Silva, LMA-Marseille).

Le but de la thèse est de créer un environnement multiphysique pour la synthèse audio réaliste. Cet outil de lutherie virtuelle permettra de créer des instruments par assemblage de résonateurs et d'interactions. Il devra notamment prendre en compte des géométries quelconques et des phénomènes non linéaires.

On s'appuiera sur une approche « hamiltonienne à ports » pour modéliser et interconnecter des objets spatiaux (structures vibrantes, guides d'ondes), afin de garantir un bilan de puissance équilibré du système global. D'autres garanties (précision numérique, objectif de synthèse en temps réel) devront être apportées par les outils scientifiques développés. La recherche du cadre de modélisation et des méthodes de simulation et de discrétisation est divisée en plusieurs parties :

- proposition d'une formulation implicite adaptée à la connexion (régulière ou non, e.g. contact, frottement, etc.) de résonateurs exprimés sous forme de SHP;
- recherche de familles de méthodes de projection et de réduction d'ordre adaptées à la modélisation de problèmes généraux (linéaires et non linéaires) de mécanique du solide et de mécanique des fluides;

- élaboration de structures de simulation optimisées (approximation creuse, traitement des problèmes raides, etc.) préservant en temps discret le bilan de puissance encodé dans le formalisme en temps continu.

En plus de la création d'un solveur optimisé, une retombée importante de ce travail pourrait être une refondation du logiciel Modalys.

#### Approche hamiltonienne à ports pour la modélisation, la simulation, l'analyse et le contrôle de l'appareil vocal humain

Thèse de Victor Wetzel (SMAER ED-391, octobre 2018-2021, direction T. Hélie et F. Silva, LMA-Marseille).

La voix est un système multiphysique (acoustique, interaction fluide/solide) capable de reproduire une grande variété de régimes (voix de tête/de poitrine, *fry*, voix de sifflet...). La complexité des phénomènes physiques impliqués demande la présence de certaines garanties (notamment énergétiques) pour la modélisation et la simulation de ce système physique.

La première partie de cette thèse a produit un nouveau modèle de conduit vocal à bilan de puissance équilibré. Il s'appuie sur un modèle élémentaire de type « interaction fluide-structure » qui considère des déplacements arbitraires des articulatoires. Le système final est obtenu par la concaténation de plusieurs modèles. Nous utilisons le formalisme des systèmes hamiltoniens à ports associé à des méthodes numériques adaptées qui garantissent la passivité des simulations. Les contributions cette année sont :

- une amélioration du modèle de tronçon, plus proche d'une description aéro-acoustique ;
- l'interprétation physique de ce modèle par des circuits électriques équivalents ;
- la comparaison de ce modèle avec un modèle connu de la littérature (modèle de Maeda, 1982) ;
- une méthode d'assemblage générique pour produire le conduit vocal complet. Elle est basée sur des contraintes algébriques (DAE-sHp) et des graphes orientés ;
- une méthode numérique adaptée aux contraintes pour produire des simulations à passivité garantie ;
- la suite de la thèse s'attachera à : fournir un nouveau modèle de larynx à canal divergent/convergent ; assembler un appareil vocal complet avec la susnommée méthode par contraintes ; proposer une méthodologie pour établir les modèles à constantes localisées de type interaction fluide-structure.

#### ■ **Axe 2. Problèmes inverses : analyser, contrôler et optimiser**

##### Contrôle en temps fini de systèmes dynamiques modélisés par des EDPs et EDOs – Application au contrôle de vibration

Thèse de M. Wijnand (ED SMAER, ANR Finite4SoS, depuis octobre 2017, direction B. d'Andréa-Novet, T. Hélie, D. Roze et L. Rosier, université du Littoral Côte d'Opale).

Cette thèse s'intéresse au contrôle en temps fini de systèmes dynamiques. Ce type de contrôle non linéaire permet d'atteindre un point d'équilibre en un temps fini, au contraire d'un contrôle asymptotique voire exponentiel.

Dans ce contexte, on s'intéresse à deux exemples de systèmes hybrides, couplant une dynamique décrite par une équation aux

dérivées partielles (EDP) à une dynamique décrite par une équation aux dérivées ordinaires (EDO). Il s'agit de contrôler des vibrations dans un tom et une grue de construction.

1. Un résultat préliminaire concernant la commande d'un haut-parleur comme actionneur de contrôle actif appliqué à une membrane de tom qui permette de modifier une fréquence a été généralisé à un contrôle de plusieurs modes. De plus, un observateur en temps fini a été ajouté dans la structure du contrôleur, réduisant le nombre de capteurs nécessaires pour une implémentation de cet observateur-contrôleur. Ces résultats ont été validés numériquement et communiqués lors de la conférence Forum Acusticum. Une implémentation sur un prototype est en cours de finalisation dans le laboratoire (voir ci-dessous).
2. Les travaux sur une loi de commande pour la stabilisation en temps fini de la position d'une grue sont achevés (collaboration avec Lionel Rosier, université du Littoral Côte d'Opale). Il a fallu étendre un théorème existant sur la commande en temps fini d'une EDP hyperbolique pour inclure aussi la partie EDO de notre modèle, et appliquer des méthodes numériques récentes pour calculer des noyaux présents dans la loi de commande ainsi que pour simuler l'évolution temporelle du système contrôlé.

##### Contrôle des vibrations subies par les objets du patrimoine

Une grande variété d'objets patrimoniaux est soumise ponctuellement à des vibrations non contrôlées, notamment à l'occasion de leur transport (dans les musées ou réserves), de concerts ou défilés (de plus en plus fréquents dans les musées) ou à cause de la pollution sonore en milieu urbain à proximité des musées (travaux publics, transports publics, routes). Dans ce cadre, un projet de recherche a démarré en 2020, financé par la Fondation des Sciences du patrimoine. Il est mené par l'INP (Institut national du patrimoine), STMS, l'IJLRDA (SU), le musée de la Musique et SATIE (CYU). Il regroupe également plusieurs musées partenaires (Louvre, MAD, MQB, Paris et Rijkmuseum, Amsterdam). L'objectif est de développer des solutions de contrôle de vibrations adaptées aux objets patrimoniaux, afin de favoriser leur conservation. En 2020, le projet a permis de financer le stage de M1 de Joshua Tuckey (cf. axe 3) et les premiers mois de thèse de Loïc Forma.

##### Systèmes intelligents de contrôle des vibrations appliqué à la conservation des objets du patrimoine

Thèse de Loïc Forma (depuis octobre 2020, codirigée par N. Wilkie-Chancelier, SATIE, CYU et F. Ollivier, IJLRDA SU, et co-encadrée par Sandie Le Conte, INP, Henri Boutin, STMS et Marguerite Jossic, musée de la Musique).

L'objectif du projet de thèse est de proposer un système de contrôle des vibrations subies par les objets du patrimoine pour favoriser leur conservation. Afin d'être efficace pour une large diversité de sources vibratoires sur les bandes fréquentielles d'intérêt, c'est-à-dire à l'origine des dégradations, on propose de concevoir un système de contrôle mixte, basé sur des solutions passives et actives. La stratégie de contrôle, et notamment des transducteurs (nombre

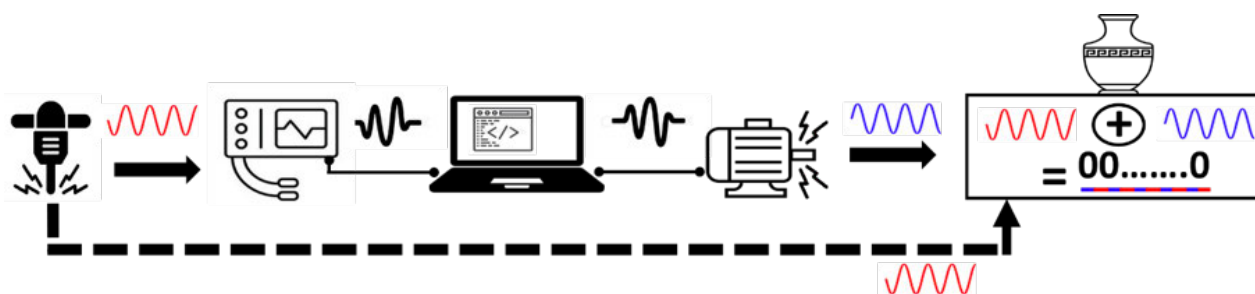


Figure 4. Proposition de contrôle actif de type feedforward pour atténuer les vibrations subies par les objets du patrimoine dues à une source primaire extérieure : (de gauche à droite) source d'excitation primaire, capteur, régulateur, actionneur, objet du patrimoine.

et position) devra tenir compte de la déontologie en conservation préventive.

Au cours des premiers mois de sa thèse, Loïc Forma a recensé et analysé les travaux de recherche passés proposant des solutions passives et actives d'atténuation des vibrations appliquées au patrimoine. Cette étude bibliographique a mené à une publication soumise aux *Carnets de l'INP*, à destination des conservateurs.

Elle justifie et décrit également l'orientation de recherches qui vont être entreprises dans la suite de la thèse : contrôle actif adaptatif, de type feedback et/ou feedforward, visant à atténuer les vibrations sur des intervalles de fréquences spécifiques (cf. figure 4). L'identification de ces dernières a commencé lors du stage de M1 de Joshua Tuckey, et est maintenant reprise par Loïc Forma dans les différents laboratoires partenaires du projet.

■ **Axe 3. Développements technologiques et expérimentaux : explorer, mesurer et reprogrammer la (bio-) physique**

Contrôle actif appliqué à une membrane de tom (thèse de M. Wijnand - volet complémentaire de la description de la thèse ci-avant)

Dans le cadre de cette thèse, un travail sur la commande d'un haut-parleur comme actionneur de contrôle actif appliqué à une membrane de tom est en cours de finition (voir figure 5). Ce système constitue un des exemples applicatifs développés dans le cadre du projet ANR Finite4SoS coordonné par W. Perruquetti (chercheur au laboratoire Cristal de Lille) et dont B. d'Andréa-Novel était partenaire au sein de son ancien laboratoire à MINES ParisTech. Le financement de la thèse de M. Wijnand est d'ailleurs assuré par un contrat doctoral accordé par ledit projet.

Une première partie a consisté en l'identification des paramètres du système considéré. On mentionne par exemple l'identification des paramètres linéaires du haut-parleur excité par une tension sinusoïdale (balayage de fréquences). Un deuxième exemple est l'estimation de la tension de la membrane, une tâche plus difficile puisque cette tension n'est pas uniforme et les méthodes d'estimation existantes ne sont pas précises. La méthode la plus utilisée a besoin de connaître les fréquences des modes de vibration de la membrane, qui ont été vérifiées grâce à des figures de Chladni, obtenues grâce à du sel préalablement disposé sur la membrane qui s'accumule sur des zones immobiles de la membrane lorsque celle-ci est mise en vibration à une fréquence précise (figure 6).

Une deuxième partie, actuellement en cours de finition, consiste à implémenter la loi de commande sur un microcontrôleur temps réel, le Coala (figure 7). Un nombre d'expériences permettront ainsi d'évaluer la performance de la commande proposée sur un prototype.

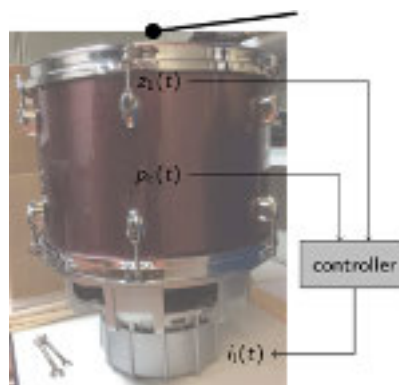


Figure 5. Schéma du contrôleur de haut-parleur avec des capteurs de pression et de déplacement de la membrane (ce dernier étant remplacé par un observateur).



Figure 6. Deux figures de Chladni : le sel forme des figures sur la membrane vibrante.

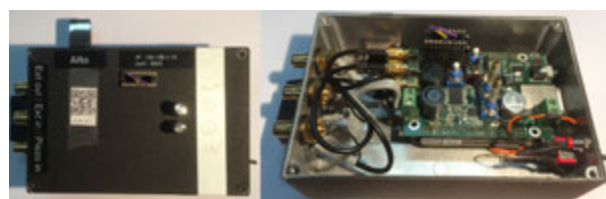


Figure 7. Le Coala, un microcontrôleur temps réel.

### Contrôle actif des premiers modes d'une corde de violoncelle

Stage de Julien Guinot, École Centrale de Lyon, 30 avril-24 juillet 2020, co-encadré par Henri Boutin et René Caussé (STMS) et Claudia Fritz (IJLRDA).

L'objectif du stage de Julien Guinot était de contrôler, en simulation, les caractéristiques des premiers modes propres d'un modèle de corde de violoncelle, puis d'appliquer les algorithmes de contrôle à une corde réelle couplée à une table d'harmonie rectangulaire et à un violoncelle. En conséquence du confinement dû à la crise sanitaire, le stage s'est essentiellement concentré sur la partie de modélisation.

À la suite d'une étude bibliographique complète, Julien a modélisé successivement une corde vibrante simple, puis raide, puis amortie avec des conditions aux limites en appui simple. Dans un second temps, la corde était couplée à un corps de violoncelle, modélisée par une table d'harmonie rectangulaire puis par un modèle boîte noire, à partir de mesures de mobilité au chevalet réalisées par l'équipe LAM de l'IJLRDA/SU. Un modèle de couplage a été réalisé en prenant soin de garantir un bilan d'énergie nul pour le système « corde + corps ». Julien a simulé chaque version du modèle avec une approche par différences finies et une approche modale pour une excitation en pizzicato, cf. figure 8. Il a ensuite comparé ces deux approches en termes de performances numériques et de réalisme du son synthétisé. Enfin, il a implémenté les algorithmes de contrôle permettant d'attribuer les caractéristiques souhaitées aux modes propres de la corde couplée.

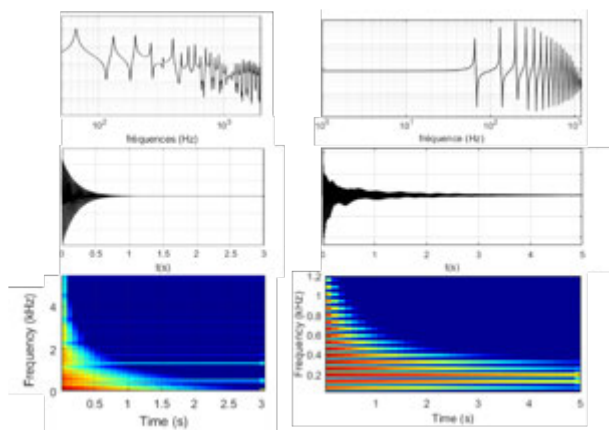


Figure 8. Spectre (haut), signal temporel (milieu) et spectrogramme (bas) du modèle de corde raide amortie couplé à une plaque rectangulaire isotrope par différences finies (gauche) et approche modale (droite).

Cette collaboration a permis :

- la simulation et synthèse sonore d'un modèle physique de violoncelle garantissant un bilan d'énergie équilibré ;
- la constitution d'une équipe de chercheurs présentant des compétences théoriques et expérimentales complémentaires, en acoustique musicale et contrôle actif pour augmenter les possibilités sonores des instruments de musique acoustiques.

### Mesures vibratoires lors du transport d'œuvres d'art

Stage de Joshua Tuckey, mai-août 2020, encadré par Henri Boutin (STMS), Sandie Le Conte (INP) et François Ollivier (IJLRDA).

Au cours de son stage, Joshua a développé un système de mesures autonome de vibrations subies par les objets patrimoniaux, en langage python. Ce système a été testé sur des caisses de transport d'œuvres lors de plusieurs trajets en camion entre le musée du Louvre et le centre de conservation du Louvre Liévin. Il a notamment identifié l'amplitude et la gamme de fréquences des vibrations auxquelles sont exposées les œuvres au cours de leur transport, en ville et sur autoroutes, cf. figure 9.

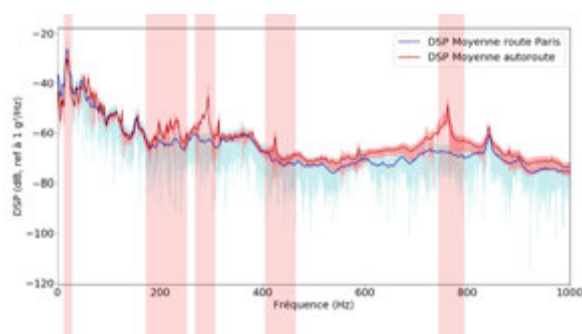


Figure 9. Densité spectrale de puissance moyenne des vibration mesurées sur la paroi du camion, sur routes parisiennes (en bleu) et sur autoroute (en rouge). Les bandes rouges indiquent les pics fréquentiels de l'autoroute semblant communes à toutes les campagnes de mesures.

Ces résultats ont été présentés à plusieurs reprises aux conservateurs des musées partenaires du projet et ont donné lieu à deux jours de formation sur la vibration, destinés au personnel des musées, les 3-4 septembre 2020 à Saint-Cyr.

### Étude expérimentale de l'acoustique du trombone

Collaboration entre STMS (H. Boutin) et l'université de New South Wales, Sydney, Australie (J. Wolfe et J. Smith).

Les modèles d'anches lippales prévoient l'auto-oscillation des lèvres à des fréquences légèrement supérieures aux fréquences de résonances de la colonne d'air. Cependant, en pratique, les musiciens peuvent faire varier la fréquence de jeu continûment, sans interruption du son, sans modifier la géométrie de la perce, sur des intervalles approximativement centrés sur les fréquences de résonances de la colonne d'air. Afin de mieux comprendre comment l'oscillation des lèvres est régénérée, nous avons mesuré la pression acoustique et le débit acoustique de part et d'autre des lèvres de plusieurs trombonistes, lorsqu'ils font varier la fréquence de jeu, ainsi que la surface d'ouverture de la bouche et le volume instantané de lèvres dans l'embouchure, à l'aide d'une caméra ultra-rapide, cf. figure 10.

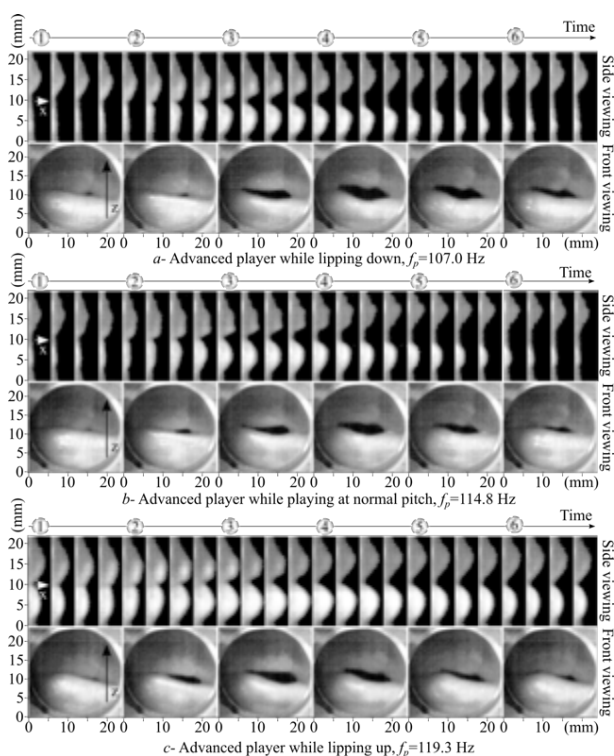


Figure 10. Clichés obtenus par caméra ultra-rapide des lèvres de tromboniste (de profil et de face) jouant à une fréquence de jeu naturelle (milieu), en dessous (haut) et au-dessus (bas) de cette fréquence de jeu.

Ces mesures ont permis d'élaborer un modèle simple de lèvres qui tient compte du débit d'air balayé par les lèvres dans l'embouchure et de son implication dans la régénération de leur oscillation. L'échauffement de la colonne d'air au cours du jeu a également un impact sur les caractéristiques de ses résonances. Les mesures d'impédance d'entrée du trombone montrent que les pics de résonance de la colonne d'air se déplacent initialement vers les basses fréquences, puis remontent vers les hautes fréquences après 10 à 30 s de jeu. Simultanément, leurs amplitudes décroissent et leur largeur augmentent continûment, cf. figure 11.

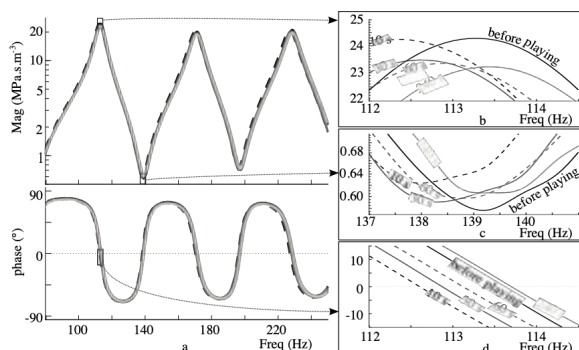


Figure 11. 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> pics d'impédance d'entrée d'un trombone basse mesurés après différentes durées de jeu pour un même interprète (a). Zoom sur les maxima (b) et minima (c) du 2<sup>e</sup> pic d'impédance et sur les fréquences d'annulation de la phase.

Nous avons étudié l'effet des variations de température et de concentration gazeuse en H<sub>2</sub>O et en CO<sub>2</sub> sur les résonances de la colonne d'air.

Ces travaux ont mené à la publication de deux articles soumis à comité de lecture dans le *JASA (Journal of the Acoustical Society of America)*. Les images de lèvres obtenues par caméra rapide ont été retenues comme image de couverture du journal (vol. 147, n° 6, juin 2020).

#### Fac-similés d'ondes Martenot

Collaboration entre STMS (H. Boutin, E. Flety, J. Najnudel, T. Hélie) et l'Institut Jean Le Rond D'Alembert, SU (H. Genevois).

Si les ondes Martenot ont cessé d'être produites il y a plus de 30 ans, cet instrument de musique électrique pionnier, introduit par Martenot en 1928, est toujours joué par des interprètes prestigieux et son répertoire ne cesse de s'élargir, de la musique académique à la musique populaire. Cependant, en raison du vieillissement des composants électroniques ainsi que des règles d'éthique et de conservation, les ondes Martenot des collections muséales ne peuvent être facilement jouées et entendues.

Afin de préserver les ondes Martenot historiques du musée de la Musique à Paris, et de répondre aux demandes des compositeurs et musiciens, une solution alternative consiste à reproduire chaque spécimen, unique, avec ses propres caractéristiques au moyen de technologies numériques. Ce projet consiste à simuler et implémenter les circuits électroniques analogiques dans des processeurs numériques temps réel, et à développer des interfaces et diffuseurs au plus près de ceux d'origine.

Au cours d'une étape préliminaire, nous avons proposé une réplique ergonomique de l'Onde 169, destinée à un usage public dans les musées, pour montrer comment l'instrument fonctionne et sonne. Le circuit électronique, simulé à partir des travaux de J. Najnudel (stage M2 ATIAM, 2018) a été embarqué en temps réel sur un processeur ARM et connecté à une interface « musicien » réalisée lors du projet de fin d'études de Nathan Tricot (ENSEA 2019). Le niveau de sortie est contrôlé par la main gauche de l'interprète, en appuyant sur le contrôleur MIDI « Touché » développé au LAM et commercialisé par Expressive E. La hauteur est contrôlée par la main droite, soit en continu, à l'aide d'un capteur de force résistif, soit note par note à l'aide d'un clavier MIDI monodique. Afin de reproduire le son du diffuseur métallique d'origine, la sortie du processeur alimente un pot vibrant connecté à un gong, de conditions aux limites libres, via une tige rigide, cf. figure 12. Ce prototype a été présenté lors du Comité international des musées et des collections d'instruments de musique – CIMCIM, 4-6 février 2020, à la Cité de la Musique – Philharmonie de Paris.

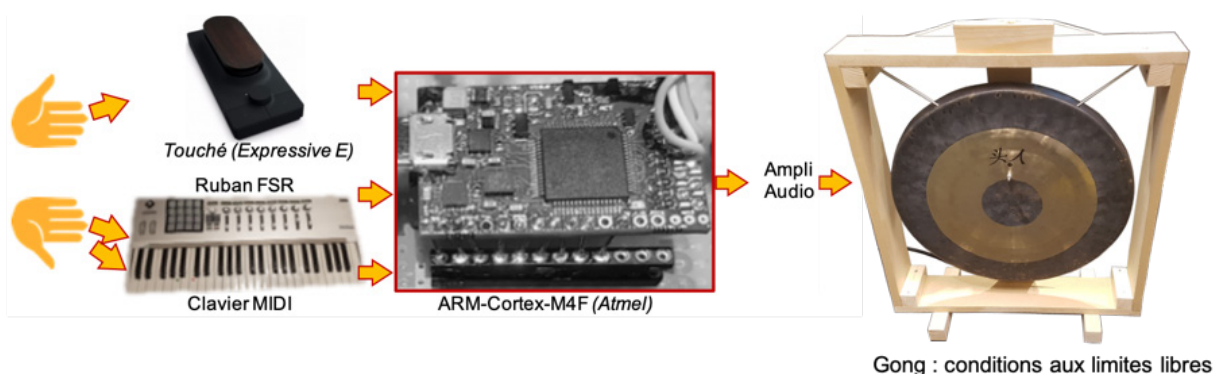


Figure 12. Principe de fonctionnement du prototype de fac-similé d'ondes Martenot 169 conservé au musée de la Musique, Paris.

### Caractérisation de copies d'instruments anciens : le cas de la harpe égyptienne angulaire de Dra Abu el-Naga

Collaboration entre STMS (R. Caussé), équipe LAM (J.-L. Le Carrou) de l'Institut Jean Le Rond d'Alembert-UMR CNRS 7190, équipe HiSoMA (S. Emerit) UMR 5189 à Lyon et S. Schulz (luthière, Berlin). Une dernière campagne de mesures (cf. figure 13) a été réalisée sur le campus Pierre-et-Marie-Curie au cours du mois de juillet en collaboration avec Jean-Loïc Le Carrou (LAM-IJLRA), Sibylle Emerit (HiSoMA) et Susanna Schulz, à l'origine de cette copie. Cette copie a été fortement orientée par les choix faits par la luthière sur les qualités sonores de l'instrument.

Une analyse modale dans les deux principales directions de l'instrument, la longueur et la largeur (plan de la peau) a été réalisée. Les analyses ont porté sur l'influence de la peau et de ses événements et de l'effet des différents réglages, en particulier celui de la tension des quatre cordes. Une réflexion portant sur l'optimisation de cette copie a conduit à comparer ses caractéristiques à celles d'autres harpes, en particulier celles des harpes africaines du Gabon.

Dans le cadre du projet Paysages sonores de l'Antiquité, l'équipe a participé au tournage d'un documentaire pour la chaîne Arte sur les cornua de Pompéi et la harpe trigone égyptienne du musée du Louvre.



Figure 13. Mesure de la harpe dans la chambre anéchoïque du campus Pierre-et-Marie-Curie de Sorbonne Université.

### Étude de l'acoustique des instruments de la famille du sheng

La mise au point d'une plateforme expérimentale a permis d'observer le mode principal de vibration de l'anche (figure 14) par stroboscopie et pour une alimentation d'air soit artificielle (air comprimé), soit naturelle (humaine). L'utilisation d'une caméra rapide devrait permettre d'observer dans le futur la mise en vibration de l'anche lors de transitoires et pour des modes de jeu différents et répertoriés lors des séances de travail avec plusieurs instrumentistes. Toujours avec le même dispositif, l'étude de l'influence des réglages de l'anche et du couplage avec le tuyau principal seul ou associé en parallèle à un deuxième tuyau (appelé de manière incorrecte « résonateur ») sur la composition spectrale et l'intensité du son émis, a donné lieu à des premiers résultats. La réalisation de copies de deux tuyaux avec « résonateurs » a permis de mesurer leur impédance d'entrée et d'étudier dans quelles mesures les différences de spectre et d'intensité leur sont liés. Il est à noter que cette plateforme expérimentale, utilisant un tuyau isolé, ne permet pas d'étudier l'influence des tuyaux passifs sur la vibration du tuyau actif et sur le spectre global généré. Jusqu'ici, l'étude n'a pas permis de répondre à plusieurs questions soulevées par les instrumentistes participant à ce projet (Wu Wei et Li Lin-Chi) comme celles sur l'origine de sons différentiels obtenus sous certaines conditions de jeu.

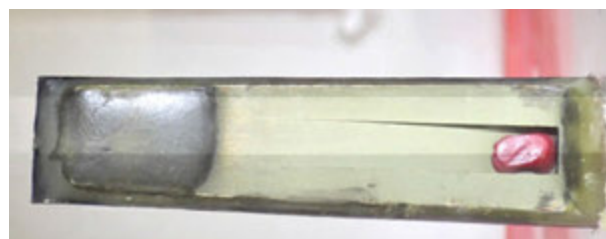


Figure 14. Lame utilisée comme anche dans le sheng. Mesure de ses vibrations.

### Étude de la phonation sur des larynx humain excisés

Collaboration entre STMS (T. Hélie), CHU de Liège (A. Lagier, chirurgienne ORL), LPL-CNRS (T. Legou) et LMA-CNRS (F. Silva).

De nombreux aspects de la production vocale peuvent être étudiés au moyen d'observations in vivo et d'expériences sur des répliques de plis vocaux synthétiques. Ces dernières années, plusieurs bancs expérimentaux animant des larynx excisés ont été élaborés dans le monde, car ils permettent d'accéder simultanément à des conditions physiologiques réalistes, une reproductibilité et une facilité d'utilisation. Notre consortium a présenté au Forum Acusticum les derniers développements du banc hébergé à la Faculté de Médecine de Marseille. Celui-ci inclut l'animation motorisée de plusieurs muscles laryngés intrinsèques. Comme preuve des possibilités d'un tel dispositif, une analyse quantitative des signaux de pression de contact entre les plis vocaux en présence d'un œdème de Reinke a été présentée. Ces travaux sont amenés à être poursuivis dans le cadre du CHU de Liège.

### Résidence Bass Holograms in Pune :

#### rencontre des technologies musicales et du raga

Robert Piéchaud et Floy Krouchi.

La résidence Bass Holograms in Pune, imaginée par la compositrice, inventeuse et performeuse Floy Krouchi, était centrée autour de la musique classique hindoustanie, avec deux pôles : la rudra veena d'une part, instrument à cordes « mythique », et l'univers de la microtonalité indienne – les shrutis – d'autre part. La résidence, qui a été le lieu de multiples et riches rencontres, s'est déroulée durant tout le mois de janvier 2020, principalement dans la région de Pune, grande ville de l'état indien du Maharashtra, avec des incursions dans le nord (Bombay) et le sud (état du Karnataka). Robert Piéchaud a accompagné Floy Krouchi en tant qu'ingénieur de l'Ircam mais aussi en tant que musicien et « oreille ».

Cette résidence aura aussi été la rencontre entre le monde du raga indien et l'univers contemporain et unique de Floy Krouchi, avec sa basse électrique fretless augmentée « FKBass » munie d'une trentaine de capteurs, de contrôleurs et d'un patch de concert sous Max MSP. La résidence a donné lieu à deux concerts sur place, l'un à Bombay, l'autre à Pune, et à des présentations, en Inde et plus tard à Paris en mars (avec la participation en duplex du musicien indien Mandar Karnajkar) et en juillet.



Figure 15. Concert à Bombay le 26 janvier 2020. Floy Krouchi et sa FKBass, avec le module Modalys temps réel et le Snail modifié (arrière-plan).

Nous pouvons résumer ainsi les deux axes principaux de cette résidence :

- **Rudra veena et modélisation sous Modalys.** La FKBass, création de lutherie de F. Krouchi, est accordée ré-la-ré-mi comme la rudra veena de Pandit Hindraj Divekar, maître de Floy Krouchi il y a plus d'une dizaine d'années (et hélas décédé peu avant notre résidence), et c'est notamment cette correspondance d'accordage et de registre qu'exploite F. Krouchi dans sa musique. À Pune, nous avons pu avoir accès à l'instrument original de M. Divekar, nous l'avons accordé grâce à un luthier, puis nous avons procédé à des mesures : fréquences sur les quatre cordes de jeu et toutes les frettes, dans le registre piano-pianissimo.



Figure 16. Essais et mesures de la rudra veena de feu Pandit Hindraj Divekar à son domicile.

Après l'étude, nous nous sommes concentrés sur la modélisation, notre but étant de créer un nouveau module Modalys à intégrer dans le patch de concert de Floy Krouchi reflétant certains aspects organologiques de la rudra veena. Il ne s'agissait pas de « cloner » la rudra veena dans un modèle à l'identique, mais plutôt de s'en inspirer dans une sorte de métaphore mi-artistique mi-technologique afin d'enrichir la palette sonore et poétique de Floy Krouchi. Nous voulions aussi prendre le risque d'utiliser ce prototype dans les concerts sur place, et c'est effectivement ce que nous avons fait.



Figure 17. Le module Modalys « rudra veena » à l'intérieur du patch de concert de la FKBass.

- **Microtonalité indienne et The Snail.** Les théoriciens indiens de la musique hindoustanie discernent 22 intervalles possibles dans l'échelle musicale, à comparer avec « nos » 12 demi-tons de la gamme. Cependant, la place exacte (en termes de ratios de fréquence par rapport à la note de référence – le *sa*) de ces micro-intervalles, autrement appelé *shrutis*, peut faire débat au sein de la communauté des musiciens, et c'est surtout la longue pratique auprès d'un maître qui permet d'acquérir cette oreille d'une finesse extraordinaire que nous avons rencontrée en Inde. Cependant, notre point de départ a été une notation manuscrite de cette échelle microtonale telle qu'elle a été transmise par Hindraj Divekar à Floy Krouchi il y a quelques années :



Figure 18. Extrait de la charte des shrutis telle que transmise à F. Krouchi par Hindraj Divekar.

Par ailleurs, il existe, pour l'analyse du spectre fréquentiel, en temps réel ou non, de nombreux outils très avancés. The Snail, développé par l'Ircam/CNRS depuis quelques années au sein de l'équipe S3AM, est incontestablement l'un d'entre eux, et se distingue par sa précision et son approche musicale de la représentation. Nous avons donc le désir de confronter cette technologie à la pratique musicale de maîtres indiens, principalement avec des chanteurs et des *binkar*, des joueurs de rudra veena. Mais plusieurs problèmes sérieux se posaient, et il a fallu au préalable faire le constat suivant : la seule grille de lecture disponible dans The Snail, celle du tempérament égal, est inadaptée à la musique indienne (et de façon plus générale à toute musique extra-européenne) et devait être complétée par d'autres propositions ; The Snail est sous-titré commercialement « absolute tuning », posture également peu adaptée quand il s'agit d'aborder la musique indienne où, pourrait-on dire, rien n'est absolu mais tout est contexte ; The Snail ne s'adapte pas facilement à une note de référence (le *sa*), dont la fréquence varie d'un musicien à l'autre, voire d'une interprétation à l'autre chez un même musicien ; enfin, The Snail – « l'escargot » – est un nom qui était mal reçu car il n'évoque pas dans la culture indienne quelque chose de particulièrement attirant, et le côté spiralé de sa coquille n'est pas dans ce contexte l'aspect le plus saillant.

Notre ambition était donc de prototyper sur place, pratiquement dans un principe de live coding, une version expérimentale adaptée à la situation. Cette nouvelle version, baptisée Sangit Shankh संगीत शंख, « conque musicale » en hindi (la conque étant l'instrument de musique rituel le plus ancien dans la tradition hindouiste) offre les particularités suivantes :

- **menu tempérament :** ce nouveau menu offre un choix varié de tempéraments et de représentations. Un tempérament non égal est basé sur un *ton de référence* (voir plus loin) et ses notes peuvent être structurées selon plusieurs niveaux, avec tailles et couleurs correspondantes : notes principales (par exemple intervalles diatoniques), notes secondaires (altérations), autres notes (altérations rares, notes d'un autre système, etc.). Le nom des notes peut être affiché dans la langue d'origine (en hindi ou sanskrit pour notre prototype) ;
- **ton de référence :** le ton (ou fréquence de référence) est appelé *sa* dans la musique hindoustanie. Sa fréquence, variable selon le contexte mais fixe à l'intérieur d'une pièce (d'un raga) est donnée par la *tampura*. Nous avons ajouté au Snail un gros bouton circulaire permettant de régler aisément ce ton de référence ;
- **nouvelle expérience visuelle :** la grille et la spirale ont été redessinées avec des traits beaucoup plus légers pour ne pas obnubiler le musicien avec la « justesse objective ». La présence (si désiré) de scripts non latins (devanagari, ou ourdou) rend l'outil immédiatement plus agréable pour le musicien classique indien ;
- **outil d'exploration des ratios de fréquence :** le tempérament égal est une exception en ce sens que les rapports de fréquences de ses intervalles ne sont pas rationnels ; il s'agit donc d'une construction assez théorique. Le tempérament indien, et ses 22 shrutis, est au contraire basé (très largement) sur l'intonation juste, avec quelques ajustements pour les rapports « lointains ». On mesure généralement les ratios de fréquence entre la fondamentale et les notes de la gamme, mais on s'intéresse moins aux notes les unes par rapport aux autres. Nous avons ajouté une fonctionnalité très simple qui permet par « click-and-drag » de connaître le ratio entre deux notes.

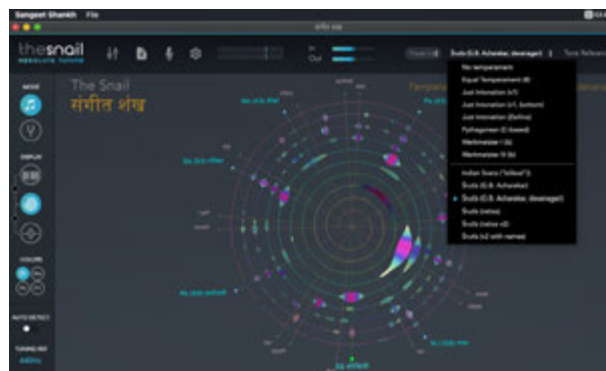


Figure 19. Le Snail/Sangit Shankh en situation, avec le nouveau menu « tempérament ».



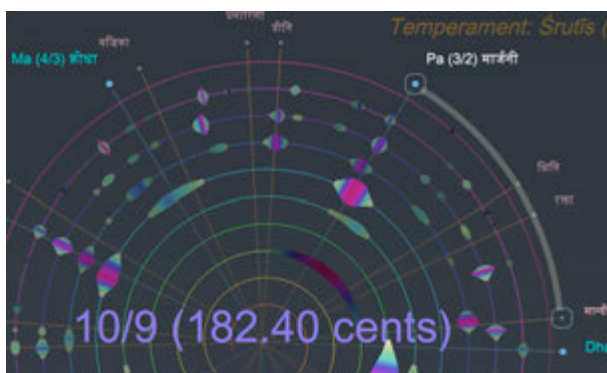


Figure 20. L'outil d'exploration des rapports de fréquence.

#### Résidence de Jean-Étienne Sotty sur l'accordéon hybride : première phase

Robert Piéchaud et Arnaud Récher (pôle PIP).

La résidence artistique de Jean-Étienne Sotty, accordéoniste très engagé dans la création contemporaine et l'innovation sur son instrument (on lui doit notamment, avec sa partenaire Fanny Vicens, l'accordéon microtonal) porte sur l'hybridation électronique de l'instrument, afin de se passer de haut-parleurs externes dans le cadre de la musique mixte.

Cette résidence devait initialement démarrer en février 2020 mais la crise sanitaire et les conditions subséquentes d'accueil des intervenants extérieurs à l'Ircam ont tout décalé ; les choses n'ont donc véritablement commencé qu'en septembre, avec une fin de résidence prévue pour avril 2021. Nous avons structuré cette résidence par périodes d'une semaine par mois en travaillant par « itérations ». Au terme de cette première période 2020, voici l'état de la conception et de la réalisation de l'accordéon hybride :

- instrument équipé de quatre haut-parleurs (HP) de tailles et réponses fréquentielles variées. Deux HP sont placés dans le soufflet directement sur un support construit à cet effet en impression 3D, et les deux autres sont à l'extérieur, de part et d'autre de l'instrument. Nous avons sélectionné et essayé un certain nombre de HP avant d'arrêter notre choix. Une visite chez AEI Tech a notamment permis de choisir un tweeter peu encombrant (Lizard K-Array) ;
- switch électro-mécanique permettant des combinaisons des quatre HP reprenant l'esprit de « registration » et le principe « en-boîte/hors-boîte » de l'accordéon ;
- liaison sans fil bluetooth pour l'arrivée du signal (deux voix) ;
- amplificateur miniaturisé 2 × 10 W Dayton DT2 ;
- batterie Ion-lithium ultra-plate avec module de charge.

Des questions non négligeables sont survenues concernant le passage des câbles dans le soufflet, le poids, la jouabilité, etc. Nous travaillons avec le luthier Philippe Imbert pour trouver des solutions élégantes et durables.

#### The Snail : prototypes et réflexion « produit », plateforme Android

Robert Piéchaud et Thomas Hélie.

The Snail est un produit logiciel très performant avec une interface utilisateur séduisante, mais la résidence en Inde et la confrontation avec un autre univers musical nous a appris que de substantielles adaptations doivent être réalisées pour que cette technologie soit réellement pertinente dans d'autres contextes. C'est pourquoi nous avons continué d'explorer de nouvelles pistes sous la forme de prototypes tout en imaginant une « stratégie produit » un peu différente, avec des déclinaisons selon les usages et/ou les contextes culturels, plutôt que de continuer à proposer un Snail généraliste dont l'interface avec le temps se complexifierait à outrance si l'on voulait tout y faire entrer. L'année 2021 devrait nous donner l'occasion de mettre à exécution cette nouvelle approche.

Par ailleurs, les tests plus poussés que nous avons réalisés sur Android ne nous ont pas encore permis de commercialiser le Snail sur cette plateforme, en raison de « points durs » découverts sur la couche audio Java du système d'exploitation.

#### Modalys : approche scripturale orientée temps réel, migration de la documentation

Robert Piéchaud.

La résidence 2019 du compositeur Hans Peter Stubbe Teglbjaerg portant sur la non-linéarité et les bifurcations nous avait donné l'occasion de repenser le contrôle à l'échantillon dans Modalys en environnement temps réel. De ceci est né un nouvel objet « mlys.lua » (environnement Modalys for Max) qui potentiellement encapsulerait toute l'API de Modalys, y compris les aspects d'éléments finis. L'introduction dans le monde de Modalys du langage Lua, avec de plus la spécificité « just-in-time », représente la rencontre et la synthèse de deux approches assez distinctes : l'approche scripturale « temps différé » portée par Modalisp, et l'approche modulaire et graphique en environnement temps réel (Max) représentée par Modalys for Max (Mlys). En effet, non seulement mlys.lua ouvre à l'utilisateur le contrôle à l'échantillon grâce à des scripts dont la vitesse d'exécution est proche du C, mais toute la partie statique de la lutherie virtuelle peut également être décrite dans un script, offrant une très grande finesse de construction, notamment pour les objets décrits par éléments finis. Et dès la résidence en Inde « Bass Holograms », nous avons pu utiliser avec succès le contrôleur mlys.lua dans le module expérimental Modalys rudra veena.

Notons enfin que la nouvelle version 3.6 de Modalys reflétant ces changements a connu un cycle de développement plus long que d'habitude en raison de l'ambition des fonctionnalités, avec une sortie officielle prévue début 2021.

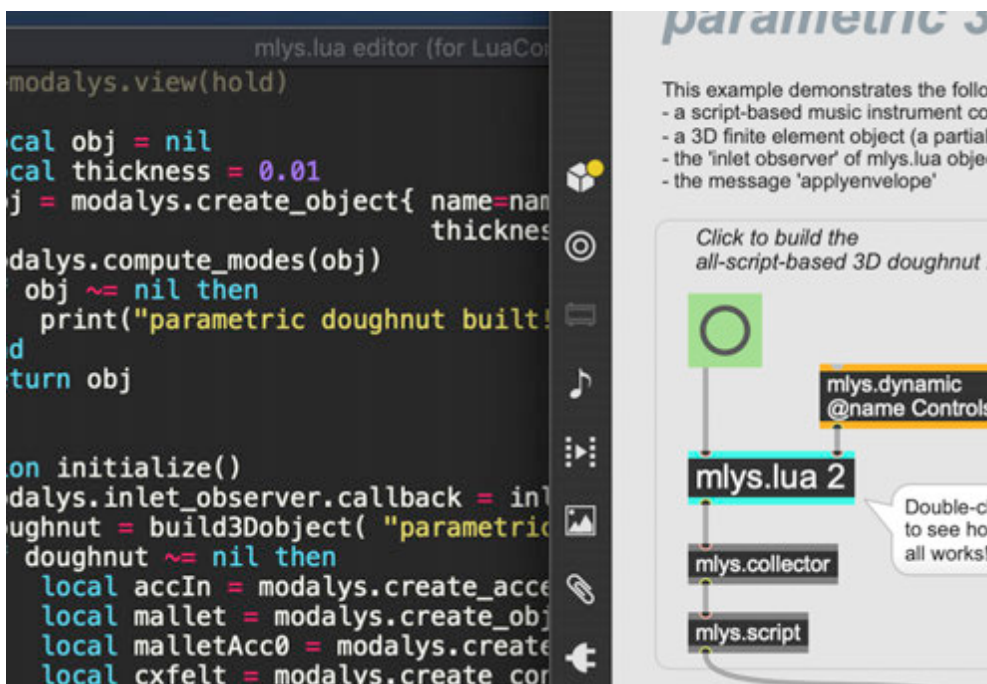


Figure 21. Objet Max mlys.lua permettant de paramétrer des modèles Modalys par des scripts en lua compilé au vol pour permettre un contrôle à l'échantillon.

À noter également sur Modalys une réflexion sur la migration de la documentation rendue nécessaire par l'obsolescence rapide de l'environnement Scenari. Après un état de l'art, nous avons opté pour le format markdown et les outlis open source qui vont avec. Un contrat freelance a été passé avec Quentin Lamerand pour ce travail de migration qui devrait s'achever début 2021.

## ÉQUIPE PÔLE INGÉNIERIE ET PROTOTYPES (PIP)

*Responsable : Emmanuel Flety, ingénieur en électronique.*

*Technicien (TCE – CNRS) : Arnaud Recher.*

### ■ Résumé

L'équipe Pôle ingénierie et prototype est une équipe transversale rattachée à l'UMR STMS. Elle répond à des besoins d'études de faisabilité, de conseil technique et de réalisations dans le domaine de l'électronique expérimentale et plus généralement des prototypes mixant expérimentation en laboratoire, mécanique, électronique et techniques de fabrication.

L'équipe collabore principalement avec les équipes ISMM et S3AM (mais également occasionnellement avec les équipes EAC et PDS) avec une répartition selon les compétences de ses membres :

- Emmanuel Flety : conception électronique, micro-logiciel, électronique numérique embarquée et supervision prototypage rapide ;
- Arnaud Recher : aide à la conception électronique, réalisation et câblage.

### ■ Prototypage rapide

Utilisation importante du service d'impression 3D de manière transversale dans les équipes de recherche et la production. La synergie conception 3D (CAD) associée au prototypage rapide (CAM) a permis de converger rapidement vers un résultat professionnel d'intégration mécanique-électronique avec un nombre d'itérations très réduit et une compétence interne.

L'équipe s'est dotée d'un laser de découpe pour diversifier les techniques de prototypage et les matériaux utilisés. L'utilisation des techniques de prototypage rapide a permis un grand nombre d'itérations rapprochées dans le temps pour le projet de lutherie numérique autour de l'accordéon de Jean-Étienne Sotty, par exemple (modélisation 3D mécano-électronique et combinaison fraisage numérique et impression 3D).

### ■ Conception électronique

Le module de captation gestuelle R-IoT est à présent stable et continue sa dissémination par la société PLUX.

Il est utilisé comme IMU autonome dans le cadre de la thèse de Iseline Peyre (ISMM) pour la rééducation de patients ayant souffert d'un AVC : création d'un pupitre accueillant la recharge des modules IMU par induction ainsi qu'un nano-ordinateur (RaspberryPI 4), un écran tactile et un amplificateur audio.

Nous notons des demandes régulières de logiciels à façon (ad hoc) pour le R-IoT pour combiner par exemple ses données inertielles internes (IMU) avec d'autres capteurs, comme un gant captant la flexion des doigts.

Des R-IoT PLUX équipent également les départements Production et Pédagogie et sont régulièrement utilisés par les RIMs et servent également à la formation « Capteurs, interfaces et machine learning interactif pour la musique » dispensé par la PAC (+PIP, ISMM). Ce stage a été annulé en 2020 pour cause de pandémie Covid-19 et reporté à 2021.

Pour les besoins de l'UMR, l'équipe se concentre sur le développement logiciel et matériel autour d'un processeur ARM 32 bits type Cortex M4F équipé d'un coprocesseur à virgule flottante et tournant à 150 MHz.

Une base de code et de driver bas-niveau a été écrite sur l'année 2019 pour former un « cœur Arduino ». Celui-ci permet, couplé à une chaîne d'outils (tool-chain) GCC de cross-compiler pour la plateforme ARM depuis l'environnement de programmation Arduino (IDE). À l'instar du développement des modules R-IoT, la popularité (toujours croissante) de cet environnement permet à des programmeurs non électroniciens de s'approprier une partie du développement pour créer leurs propres applications C/C++ tournant sur la plateforme.

Ont été développés en 2020 les modules/drivers suivants :

- acquisition audio rapide par technique DMA et stockage en double buffer « ping-pong » ;
- enregistrement des données IMU sur de longues durées (analyse vibratoire).

### ■ Collaborations scientifiques et artistiques

Parmi les collaborations les plus représentatives sur 2020, on peut citer :

- découpe de boîtier à façon pour les dispositifs sonores distribués et interactions sonores collectives (ISMM, B. Matuszewski) ;
- accordéon augmenté (S3AM, J.-É. Sotty) : conception d'une enceinte interne et fabrication des différents composants pour le montage mécanique. Configuration électronique du chargeur pour smart-battery ;
- remise en service du bras de la chambre anéchoïque et conception de 24 clips micros pour des mesures de directivité de source (EAC) ;
- mise en plan d'une enceinte à 32 haut-parleurs (EAC) ;
- câblage à façon pour la Timée v2 (EAC/PDS) ;
- poignée/déclencheur d'événement pour la conduite de pièces musicales. Conception d'une poignée ergonomique, choix d'un poussoir aux bonnes propriétés de proprioception, CAO 3D, réalisation en cinq exemplaires, intégration sur boîtier MIDIsolution (PAC – PROD) ;

- boîte à souffler pour étude vibratoire d'un sheng (flûte chinoise). Conception d'un boîtier transparent et étanche permettant d'exciter une anche par air comprimé ou aspiré et observation au stroboscope. Illumination contrôlable par module Arduino programmé;
- gravure de clefs Ircam. Le numéro de série laser d'origine des clefs des locaux s'effaçant rapidement pour cause d'usure par frottement, un numéro gravé plus profondément est ajouté sur le boîtier plastique par gravure laser. 300 clefs au total (RBS);
- EPI Covid-19 réalisés pour la fin du premier confinement (10 visières pour le personnel d'accueil, 85 ouvre-portes pour l'ensemble du personnel);
- pupitre sur mesure pour la rééducation des patients ayant subi un AVC. Modélisation 3D, découpe laser, intégration électronique, module R-IoT, recharge par induction (thèse de Iseline Peyre, ISMM);
- boîtier d'instrumentation pour la mesure vibratoire de la conduction osseuse. Conception électronique et programmation embarquée, Arduino 32 bits et protocole Open Sound Control (thèse de Claire Richards, PDS);
- cerceau interactif de Abby Wanyu Liu. Étude capteur capacitif sensible au toucher, conception circuit imprimé souple. Article CHI2021 accepté;
- pré-étude monture PTZ pour contrôle d'orientation de caméra Black Magic (diffusion de présentation, live YouTube, enseignement à distance).

#### ■ Espace de projection

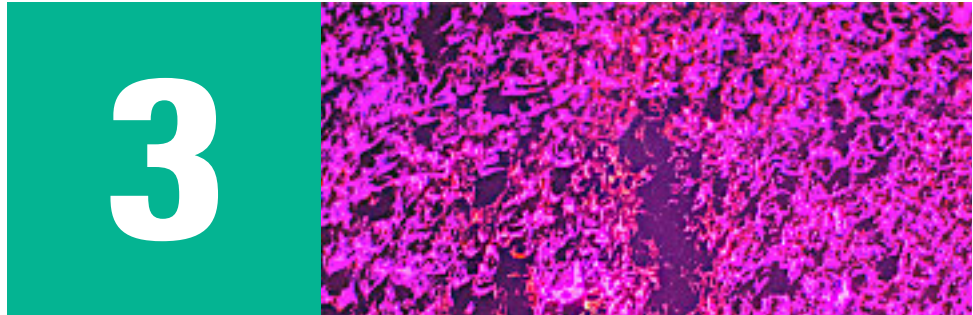
Emmanuel Fléty poursuit sa mission de consultant/référent Ircam pour la rénovation des périactes et de la machinerie de l'Espace de projection sur le lot 5 (volet numérique) sous la tutelle de la Régie Bâtiment. Participation aux prescriptions techniques pour la MOE en lien direct avec les deux prestataires chargés de l'intégration électronique et du contrôle des périactes (I-API/AMG).

La stratégie d'automatique proposée a été évaluée (RBS/Prod/PIP) et nous avons spécifié et précisé notre demande de protocole informatique destiné à développer notre application logicielle de régie/exploitation ESPRO.

#### ■ Activités récurrentes

- Gestion/inventaire du Labo A27 (Labo 7 – S3AM).
- Logiciel de gestion en lien avec le pôle Web, identification des éléments et établissement de la base de données, étiquetage QR code des appareils.
- Support technique : réparations de matériel, fabrication (câbles, petits circuits, pièces de rechange en impression 3D).
- Mise en place d'expériences : campagne de mesures pour des instruments de musique.
- Choix de capteurs, mise en place de la chaîne d'acquisition, écriture de code pour la visualisation des résultats.





## ANNEXES

---

## LE CONSEIL D'ADMINISTRATION

---

### PRÉSIDENT

Serge LASVIGNES, président de l'Association  
Président du Centre Pompidou

### MEMBRES

#### ■ De droit

Ali CHARARA  
Directeur scientifique de l'Institut des sciences informatiques  
et de leurs interactions (INS2I) au CNRS

Jacques DUBUCS  
Directeur scientifique au département des Sciences humaines  
et de la société, ministère de l'Enseignement supérieur et  
de la Recherche

Sylviane TARSOT-GILLERY  
Directrice de la DGCA, ministère de la Culture

#### ■ Désignés

Par le président du Centre Pompidou  
Julie NARBEY, trésorière de l'Association  
Directrice générale du Centre Pompidou

Bernard BLISTÈNE  
Directeur du Musée national d'art moderne, Centre Pompidou

Par le ministre de la Culture  
Gérard BERRY, secrétaire de l'Association  
Professeur au Collège de France

#### ■ Élus par l'assemblée générale

Florence ALIBERT  
Directrice de l'Orchestre national de Lorraine  
Cité Musicale de Metz

Laurent BAYLE  
Directeur de la Cité de la Musique

Claude CADOZ  
Président de l'ACROE (Association pour la création  
et la recherche des outils d'expression)

Jean CHAMBAZ  
Président de Sorbonne Université

Jean-Charles POMEROL  
Conseiller à la présidence de Sorbonne Université

### ASSISTE – AVEC VOIX CONSULTATIVE

Frank MADLENER  
Directeur de l'Ircam

### ASSISTENT

Astrid BRANDT-GRAU  
Cheffe du Département de recherche, de l'enseignement supérieur  
et de la technologie (DREST), Secrétariat général – SCPCI

Michel MUCKENSTURM  
Administrateur de l'Ircam

Julien BÉRAUD  
Contrôleur général économique et financier,  
chargé de contrôle budgétaire, ministère de la Culture

Hugues VINET  
Directeur Innovation et moyens de la recherche à l'Ircam

Représentant du personnel Ircam

## LE CONSEIL SCIENTIFIQUE

« Le Conseil scientifique est composé de 10 à 20 personnalités françaises ou étrangères désignées par le conseil d'administration en raison de leurs compétences » (article 14 des statuts). Sa mission est « d'émettre un avis sur le programme de recherche » de l'Ircam (article 13).

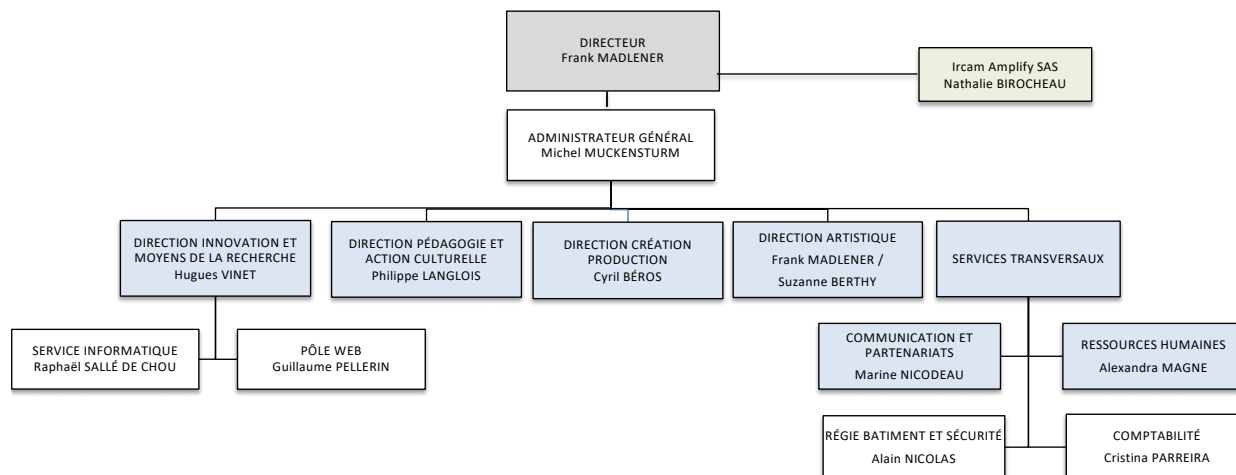
La composition du conseil, renouvelée en décembre 2020 pour deux ans, est indiquée ci-après. Sa prochaine session est prévue en 2021 sous la présidence de Bertrand Braunschweig.

Membres nommés		Pays	Affiliation/ statut
Andriot	Claude	FR	Expert senior, CEA
Berger	Jonathan	US	Prof. CCRMA, Université de Stanford
Berry	Gérard	FR	Prof. Collège de France
Bloch	Isabelle	FR	Prof. Télécom ParisTech
Braunschweig	Bertrand	FR	Directeur Inria
Denis-Rémis	Cédric	FR	Vice-président Mines-ParisTech, directeur Institut Hautes Études pour l'Innovation et l'Entrepreneuriat
Dubus	Bertrand	FR	Prof. ISEN
Dutoit	Thierry	BE	Prof. Faculté Polytechnique de Mons
Ellermeier	Wolfgang	DE	Prof. Université Technique de Darmstadt
Gentès	Annie	FR	Directrice du Codesign lab de Télécom Paris
Lamnabhi-Lagarrigue	Françoise	FR	Directrice Recherche - L2S- Supelec
Larcher	Véronique	CH	Directrice AMBEO, Immersive studio, Sennheiser
Lissek	Hervé	CH	Prof. EPFL
Petit	Christine	FR	Prof. Collège de France, directrice de l'Institut de l'audition
Samson	Véronique	FR	Prof. Université de Lille
Traube	Caroline	CA	Prof. Université de Montréal
Turquier	Barbara	FR	Responsable de la recherche de la Fémis



## L'ÉQUIPE IRCAM

### L'ORGANIGRAMME



En 2020, la communauté de travail de l'IRCAM a baissé de 15 postes.

La crise sanitaire Covid-19 a eu un impact.

Elle a réduit l'accueil habituel de stagiaires de 5 postes. Le nombre de chercheurs invités s'inscrit en réduction de 3 postes. Les CDD sont en réduction de 4 postes par l'annulation à la fois des activités de diffusion artistique et des activités de formation professionnelle. Les intermittents réservés de longue date pour l'organisation générale du festival ont été indemnisés. Les autres seront sollicités prioritairement pour les reports des événements en 2021.

Les deux confinements (de mars à mai et de novembre à décembre 2020) ont eu un impact sur l'effectif permanent (CDI + CDD longs) dont une partie avait été mise en activité partielle. L'Ircam a décidé de maintenir à 100 % la rémunération nette avant impôts des salariés concernés et a ainsi perçu 81.827 € d'aide au chômage partiel. L'Ircam répond aux conditions d'éligibilité de droit commun puisque son activité s'est réduite et les subventions publiques perçues ne couvrent pas l'intégralité des rémunérations.

L'équipe permanente se maintient à 48 % de l'effectif total.

Le laboratoire de recherche intègre dans sa structure une large communauté de stagiaires, doctorants, chercheurs invités et salariés détachés.

Le nombre de salariés détachés passe de 26 à 22 personnes et se décompose comme suit :

- 15 ETP du CNRS
- 5 ETP de Sorbonne Université
- 2 ETP d'autres organismes /universités (Strasbourg, Paris-8, Lille, la Rochelle)

## LES EFFECTIFS 2020 EN ETP

DÉPARTEMENTS	SALARIÉS		NON SALARIÉS				TOTAL (*)
Catégories	CDI	CDD	STAGIAIRES	DOCTORANTS	CHERCHEURS INVITÉS	SALARIÉS DÉTACHÉS	Total
Unité Mixte de Recherche	18	15	4	20	1	22	79
Innovation Moyens de la Recherche	14	3	0	2	0	0	19
Création	22	7	0	0	0	0	29
Pédagogie	11	0	0	0	0	0	11
Communication et partenariats	6	1	0	0	0	0	7
Services généraux	15	2	0	0	0	0	17
<b>TOTAL</b>	<b>84</b>	<b>29</b>	<b>5</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>22</b>	<b>162</b>

EFFECTIF 2019	85	33	10	20	4	26	177
ÉVOLUTION	-1	-4	-5	1	-3	-4	-15

(\*) % homme 70%

% femme 30%

## DIRECTION

Directeur : Frank Madlener  
 Administrateur : Michel Muckensturm  
 Sylvie-Léa Cohen

## SERVICE TRANSVERSAUX

**Communication**

Directrice : Marine Nicodeau  
 Mary Delacour, Clémentine Gorlier/Mélanie Laffiac, Alexandra Guzik, Deborah Lopatin, Claire Marquet

**Comptabilité**

Cristina Parreira, Mahdi Zigha

**Ressources humaines**

Directrice : Alexandra Magne  
 Elsa Mardaymootoo, Patricia Martins/Eva Belconde, Claire Pujol/Meryem Jijane

**Régie Bâtiment et Sécurité**

Responsable : Alain Nicolas  
 Bruno Belfiore, Layachi Izem, Maxime Jourdil, Seare Mullai, Jean-Paul Rodrigues, Chantal Vogel

## INNOVATION ET MOYENS DE LA RECHERCHE

Directeur : Hugues Vinet  
Sylvie Benoit, Louise Enjalbert

### Valorisation industrielle et communautaire

Responsable (jusqu'en septembre) : Frederick Rousseau  
Pierre Guillot, Matthew Harris

### Service informatique

Responsable : Raphaël Sallé de Chou  
Benjamin Boudoir, Rémi Desmonet, Olivier Labat, Ghislaine Montagne

### Pôle Web

Responsable : Guillaume Pellerin  
Martin Desrumaux, Antoine Grandry, Raphaël Voyazopoulos, Emilie Zawadzki/Gérard Clément

### Forum

Gregory Beller, Liz Gorsen, Stéphanie Leroy, Paola Palumbo

## UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE STMS

Directrice : Brigitte d'Andréa-Novel  
Directeur adjoint : Jean-Louis Giavitto  
Sylvie Benoit, Viktoriya Uscumlic, Anne-Marie Vaudeville (CNRS)

### Responsables d'équipes

Espaces acoustiques et cognitifs : Olivier Warusfel  
Perception et design sonores : Nicolas Misdariis  
Analyse/ synthèse des sons : Axel Roebel  
Systèmes et signaux sonores – audio / acoustiques instruments : Thomas Hélie (CNRS)  
Représentations musicales : Gérard Assayag  
Analyse des pratiques musicales : Nicolas Donin  
Interactions son musique mouvement : Frédéric Bevilacqua  
Pôle ingénierie et prototypes : Emmanuel Fléty

### Chercheurs, ingénieurs de recherche et post-docs

Carlos Agon-Amado (SU), Luc Ardaillon, Pablo Arias, Mondher Ayari (Univ. Strasbourg),  
Elie-Laurent Benaroya, Georges Bloch (Univ. Strasbourg), Alain Bonardi (Univ. Paris-8), Joakim Borg,  
Riccardo Borghesi, Henri Boutin (SU), Clément Cannone (CNRS), Thibaut Carpentier (CNRS), Axel Chemla,  
Elaine Chew (CNRS), Frédéric Cornu, Brigitte d'Andréa-Novel (SU), Philippe Esling (SU), Laurent Feneyrou  
(CNRS), François-Xavier Féron (CNRS), Emma Frid (KTH), Lawrence Fyfe (CNRS), Nadia Guerouaou,  
Jean-Louis Giavitto (CNRS), Fanny Gribensky (CNRS), Corentin Guichaoua (CNRS), Karim Haddad,  
Thomas Hélie (CNRS), Olivier Houix, Jean-Philippe Lambert, Wanyu Liu (CNRS), Benjamin Matuszewski,  
Rémi Mignot, Jérôme Nika, Markus Noisternig, Nicolas Obin (SU), Robert Piéchaud, David Poirier-Quinot,  
David Roze (CNRS), Diemo Schwarz, Patrick Susini, Isabelle Viaud-Delmon (CNRS), Daniel Wolff

#### Doctorants

Théis Bazin, Daniel Bedoya, Adrien Bitton, Frédéric Bous, Baptiste Bouvier, Antoine Caillon, Pierre Carré, Tristan Carsault, Ninon Devis, Guillaume Doras, Constance Douwes, Jean-François Ducher, Franck Elisabeth, Mireille Fares, José Miguel Fernandez, Martin Fouilleul, Clément Le Moine Veillon, Adelino-Rafael Mendes-Ferro, Hadrien Foroughmand, Valérian Fraisse, Lisa La Pietra, Paul Lascabettes, Antoine Lavault, Vincent Martin, Pierre Massé, Gabriel Mesequer Brocal, Rémy Muller, Anatole Moreau, Judy Najnudel, Iseline Peyre, Victor Paredes, Waradon Phokhinanan, Mathieu Prang, Alessandro Ratoci, Lenny Renault, Gonzalo Romero, Victor Rosi, Yann Teytaut, Alexis Thibaud, Colette Voisembert, Marion Voillot, Victor Wetzler, Marc Wijnand, Franck Zagala

#### Techniciens

Camille Dianoux (SU), Arnaud Recher (CNRS)

### PÉDAGOGIE / ACTION CULTURELLE ET PÔLE DOCUMENTAIRE

Directeur: Philippe Langlois

Aurore Baudin, Jérôme Boutinot, Sophie Chassard, Murielle Ducas, Cyrielle Fiolet, Stéphanie Leroy, Jean-Paul Rodrigues

Compositeur associé au cursus: Thierry De Mey

Chargé de coordination pédagogique: Thomas Hélie

#### Réalisateurs en informatique musicale chargés de l'enseignement

Simone Conforti, Jean Lochard, Grégoire Lorieux, Mikhail Malt, Sébastien Naves

### CRÉATION ARTISTIQUE

Directeur: Frank Madlener

Directrice adjointe à la programmation artistique: Suzanne Berthy

Natacha Moënné-Loccoz

### CRÉATION ET PRODUCTION

Directeur: Cyril Béros

Raphaël Bourdier, Anne Guyonnet, Aurélia Ongena, Laura Stomboli/Florian Bergé, Clotilde Turpin

#### Réalisateurs en informatique musicale Production

Thomas Goepfer, Carlo Laurenzi, Serge Lemouton, Benjamin Lévy, Augustin Muller

#### Son

Responsable: Jérémie Henrot

Luca Bagnoli, Jérémie Bourgogne, Sylvain Cadars, Clément Cerles, Orian Arrachart/Koré Préaud

#### Régie générale

Responsable: Aline Morel/Maxime Robert

Florent Simon, Audrey Gaspar

Régie de salle: Éric de Gélis

## LA RECHERCHE MUSICALE

La recherche musicale coordonne les actions transversales art/science entre départements de l'Ircam en lien avec sa communauté artistique.

En 2020, un effort important a repositionné les résidences artistiques au plus près des recherches du laboratoire STMS, l'objectif étant de renforcer l'implication des artistes dans le temps et d'accroître leurs échanges directs avec les scientifiques sur des problématiques bien articulées.

Sans suspendre totalement les activités de recherche musicale, la crise sanitaire a cependant eu un impact significatif, en particulier sur le programme de résidences, les groupes de travail de compositeurs ainsi que la concrétisation des nouveaux partenariats internationaux.

La recherche musicale est organisée selon plusieurs actions complémentaires, pour soutenir et développer une véritable recherche artistique au sein de l'Ircam :

### ■ Les journées RIMs/Recherche

Elles assurent la mise en cohérence des activités des RIMs (Réalisateurs en informatique musicale) des départements de la PROD et de la PAC, avec celles des équipes de recherche de manière structurée. Le but de ces journées est multiple :

- la formation/transmission en interne et en continu ;
- la mutualisation des pratiques et des savoir-faire ;
- le partage des ressources ;
- la synchronisation des développements.

### Agenda 2020

#### ■ Les unités projet innovation (UPI)

Les unités projet innovation sont des projets collectifs réunissant des collaborateurs internes ou externes autour d'une problématique commune. Elles soutiennent des développements originaux à caractère transversal et collectif, et/ou en amont d'un transfert technologique. Les UPI peuvent avoir pour objet de :

- répondre à un besoin artistique/technologique récurrent, générique et évalué ;
- soutenir l'émergence de nouvelles pratiques par un développement accéléré ;
- permettre un saut technologique différenciateur : innovation sensible ;
- renforcer et pérenniser une technologie existante ou consolider des développements, pour les finaliser et garantir une stabilité et un usage sur le moyen ou long terme par la communauté ;
- intégrer des technologies existantes pour une solution intégrée d'envergure répondant à un besoin artistique/technologique.

Le montage d'une UPI fait suite à un appel interne. Les projets soumis sont évalués par la mission Recherche artistique, la direction du laboratoire STMS et le département IMR, puis validés en comité de direction de l'Ircam. En raison de la situation sanitaire, l'appel a été reporté à 2021. Cependant, plusieurs projets de documentation de logiciels ont été initiés à la fin de l'année autour des logiciels SpeaK, SNAIL, Modalys et SkataRT. L'objectif de ces projets est de faciliter l'accès à ces systèmes et de compléter la documentation par des exemples ayant un contenu artistique manifeste.

### ■ Programme de résidences en recherche artistique

Véritable facteur de l'innovation à l'Ircam, il permet à des artistes, sélectionnés lors d'un appel public, de développer des thématiques nouvelles, en lien avec les équipes scientifiques de l'UMR STMS.

Parmi les lauréats de l'appel 2019, les résidences suivantes se sont déroulées en 2020 :

- **Brice Gatinet**, au sein de l'équipe Représentations musicales. Dans cette résidence intitulée « Conception participative pour générer du matériel musical », la thématique de recherche artistique est le partenariat créatif homme/IA en situation d'improvisation par l'apprentissage automatique, la recherche de nouveaux modes d'expression, la conception d'outils d'exploration pour les musiciens et sous la forme de systèmes compagnons basés sur l'IA pour stimuler la créativité humaine.
- **José Miguel Fernandez et Raphael Foulon**, au sein de l'équipe Représentations musicales, résidence conjointe avec la Société des arts technologiques (SAT) de Montréal intitulée « Las Pintas ». Cette recherche adresse la dialectique des rapports image/son dans le contexte des systèmes interactifs génératifs immersifs.
- **Stefano Gervasoni, Marco Liuni, Francesco Cretti et Benjamin Matuszewski**, au sein de l'équipe Interaction son musique mouvement (ISMM), résidence nommée « 4 eArs – Réalité audio-augmentée écologique ». Le projet « eAr » repose sur une expérience d'écoute collective basée sur deux dimensions qui se chevauchent sans cesse : une expérience personnelle, la perspective en champ rapproché, et une approche collective, l'espace partagé. Leur recherche explore les possibilités de composition aux frontières de ces deux dimensions.
- **Giulia Lorusso et Alessandro Rudi**, au sein de l'équipe Représentations musicales, résidence conjointe avec le Zentrum für Kunst und Medien (ZKM) intitulée « Entre interaction et génération ». Dans cette résidence, la thématique de recherche artistique est de concevoir de nouvelles perspectives d'interaction entre les systèmes sonores générés par ordinateur et l'environnement, avec le potentiel des feedbacks positifs, « créatifs » et cohérents.

- **Alex Ruthman**, en collaboration avec le département Pédagogie et action culturelle et le Pôle Web. Cette résidence vise à concevoir des expériences participatives d'interactions musicales numériques sur le Web avec les archives de l'Ircam, à partir des prototypes créés par le NYU Music Experience Design Lab, et à mettre en œuvre de nouveaux outils d'action culturelle numérique ainsi qu'un programme éducatif.
- **Jean-Étienne Sotty**, au sein de l'équipe Systèmes et signaux sonores : audio/acoustique, instruments, résidence intitulée « Accordéon hybride : vers une symbiose électronique/instrument ». La thématique de recherche artistique est l'accordéon hybride. Il s'agit d'équiper d'un dispositif électronique interne l'instrument acoustique afin de travailler sur son timbre.
- **Anders Vinjar**, au sein de l'équipe Représentations musicales, résidence conjointe avec le Zentrum für Kunst und Medien (ZKM) intitulée « L'IA au service de la CAO ». La thématique de recherche artistique est le développement d'un environnement de travail pour la CAO (Composition assistée par ordinateur) reposant sur des techniques d'IA (Intelligence artificielle) dans le but d'une utilisation créative.

#### ■ Les journées Méridien

Ces deux jours de réflexion et d'échanges (les 14 et 15 septembre 2020) avaient pour objectifs d'identifier et de renforcer les éléments forts de la recherche artistique et scientifique de l'Ircam ainsi que renouveler les modalités de travail au sein de l'institut. Ils se sont organisés autour de sessions sur l'actualité et le futur proche de la recherche musicale, la feuille de route et les actions concrètes d'Ircam Amplify, le cadre et l'organisation du travail à l'Ircam (mise en œuvre du « méridien RH ») et le mode de travail et croisement entre PROD, PAC et UMR. Ces deux jours ont eu lieu au Cinéma 1 du Centre Pompidou dont la jauge a permis l'accueil du personnel Ircam.

#### ■ Les séminaires Recherche et création

Les séminaires Recherche et création présentent des aspects techniques et/ou artistiques de la création d'une œuvre, d'une résidence en recherche artistique, d'un processus de création, ou encore d'une motivation/carrière artistique. Ils s'intègrent aux séminaires Recherche et technologie « Les mercredis de STMS ».

#### Agenda 2020

- 15 janvier : Alex Ruthman a présenté son projet lors du séminaire d'entrée de résidence le 15 janvier. Il est intervenu aux côtés d'autres invités internationaux lors du Meetup Creative Code Paris sur la thématique du Web audio, un événement à destination des artistes, des enseignants et des développeurs passionnés par la programmation créative sonore. Il a présenté ses résultats pendant le Forum Ircam en octobre.
- 19 février : Benjamin Lévy et Raphaël Imbert, séminaire de sortie de résidence, « A.I. Swing ».
- 24 juin : présentation finale de la résidence de Marco Suarez-Cifuentes, « Composer les espaces et la perception ».

- Brice Gatinet n'a pas été en mesure de présenter un séminaire de sortie en décembre en raison de la pandémie.

Aux côtés de ces séminaires, trois webinaires d'audience plus large se sont tenus en fin d'année. Les deux premiers ont été organisés en octobre dans le cadre de l'événement France-Atlanta, avec l'aide du bureau à Atlanta des services culturels de l'Ambassade de France aux États-Unis et en collaboration avec nos partenaires américains : Georgia Tech's School of Music, NYU Steinhardt – Music Education, et UC Berkeley Center for New Music and Audio Technologies. Sous le titre « Machines of Loving Grace », ces deux webinaires étaient consacrés aux apports des nouvelles techniques d'intelligence artificielle à la composition et à la performance musicales. Un panorama historique, pointant plusieurs projets marquants à partir des années 1940, permettait de retracer les liens anciens entre IA et musiques et de questionner les relations hommes-machines dans le domaine artistique. Le premier séminaire, « Working Creatively with Machines », a réuni Carmine Emanuele Cella (CNMAT – CU Berkeley), Rémi Mignot (Ircam), Nicolas Obin (Sorbonne Université – Ircam), Alex Ruthman (NYU), Jason Freeman (Georgia Tech). Le second, « Performances with Machines », a confronté Jérôme Nika (Ircam), Benjamin Lévy (Ircam), Grace Leslie (Georgia Tech), Daniele Ghisi (compositeur) et Elaine Chew (CNRS).

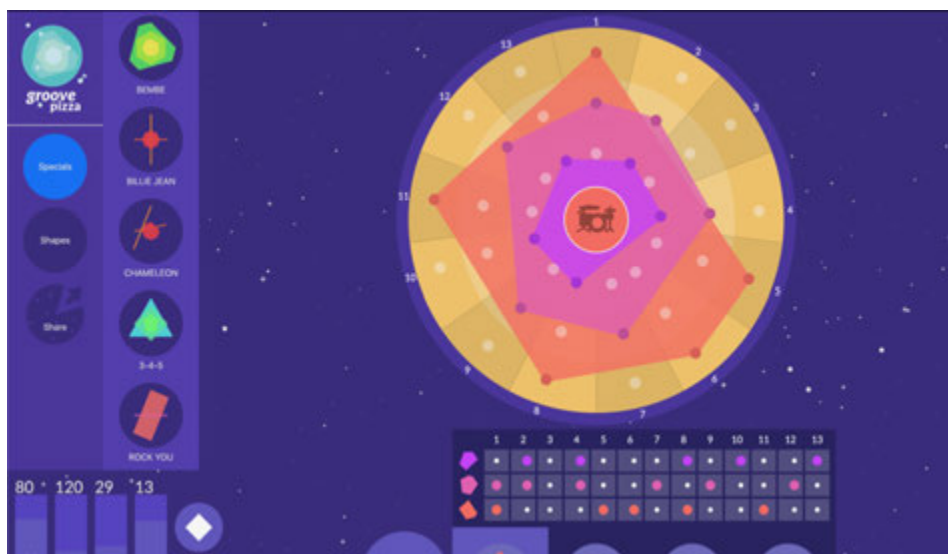
Le troisième webinaire, « Comment préserver la musique mixte temps réel », a réuni Miller Puckette (UCSD), Eric Lindemann (Synful), Philippe Manoury (compositeur) et Serge Lemouton (RIM Ircam) autour de deux interventions : « Préservation à long terme de la musique électronique en temps réel » et « De quoi Antony est-il le nom ? » Ces interventions ont permis de présenter les derniers développements entrepris dans l'environnement PureData pour vérifier l'interopérabilité des patchs entre versions et les résultats du groupe de travail Antony qui réunit l'Ircam, le CNSMDP, le musée de la Musique et d'autres acteurs de la scène contemporaine, autour de l'archivage pérenne des œuvres de musique électronique en temps réel. Cette thématique a été reprise par la SACEM qui a organisé une rencontre réunissant les artistes et les secteurs de la production, de l'édition et de la diffusion musicale, permettant de relancer les discussions de l'Ircam avec les éditeurs sur le workflow de diffusion et portage des œuvres mixtes.

Cette thématique importante a aussi été portée par l'Ircam au cours des Rencontres nationales sur les recherches en musique. Ce colloque, organisé par la direction générale de la création artistique du ministère de la Culture, a permis de témoigner de la richesse et du dynamisme des recherches portant sur la musique en France. L'Ircam a participé au comité scientifique de ces journées en portant la question de la pérennité, mais aussi celle du nouveau dispositif des thèses en art. Six ans après son introduction, le colloque a permis de dresser un premier retour d'expériences sur ce nouvel outil.

### ■ Ancrages institutionnels

Poursuivant le développement des partenariats initiés en 2019, l'Ircam et l'ENS Paris-Saclay ont signé une convention destinée à préciser le cadre de leurs collaborations dans les champs des interactions entre arts et sciences, de la création artistique et de l'innovation technologique et sociale. L'objectif est de renforcer nos projets communs à l'interface des arts et des sciences ; d'accompagner leur ouverture aux mutations des besoins et usages de la société ; de développer la notion d'espace scénique, physique et technologique

comme laboratoire d'hybridation de pratiques et de disciplines artistiques et scientifiques, dans le domaine musical ; de mettre en réseau et de permettre une meilleure diffusion dans la Région Île-de-France et au plan européen les initiatives de recherche, de création et de transmission de l'Ircam et de l'ENS Paris-Saclay ; et de contribuer au projet d'extension du Centre Pompidou dans le département de l'Essonne.



Copie d'écran d'un des outils pédagogiques reposant sur les nouvelles possibilités techniques du Web audio développés par Alex Ruthman dans le cadre de sa résidence en collaboration avec les départements PAC et POW.



Performance « Las Pintas », un projet développé par José Miguel Fernandez et Raphael Foulon dans le cadre d'une résidence conjointe IRCAM – Société des arts technologiques de Montréal en 2019-2020. La salle de diffusion de la SAT permet de développer des performances impliquant un son ambisonique et une vidéo 360°.

## PROJETS « CREATIVE EUROPE » 2020

### RÉSEAU ULYSSES 2016-2020

Accepté en mai 2016 par le programme Culture de la Commission européenne, Creative Europe, le réseau Ulysses œuvre en faveur de la jeune création à travers les actions suivantes :

- Ulysses Journeys : parcours, à travers les académies des partenaires, proposés aux compositeurs, interprètes et chefs d'orchestre émergents.
- Ensemble ULYSSES : ensemble de 15-22 musiciens, constitué chaque année, qui réalise un parcours à travers 3 à 5 académies avec chefs invités.
- Soutien aux jeunes compositeurs (commandes, promotion et reprise des œuvres) et interprètes.
- Développement des publics : activités pour les jeunes (grand public et étudiants préprofessionnels), programmes de recherche.
- Plateforme Ulysses : système d'information en ligne destiné à la communauté des jeunes artistes (compositeurs, chefs) et organismes (partenaires Ulysses, réseau élargi).

L'Ircam assure la coordination opérationnelle, le suivi financier, le suivi de la production et la dissémination des œuvres ainsi que le pilotage des systèmes d'information.

#### Informations

- 13 partenaires dans 10 pays : Ircam (coordinateur) – France ; Snape Maltings (ex-Aldeburgh Music) – Royaume-Uni ; Divertimento Ensemble – Italie ; Gaudeamus Muziekweek – Pays-Bas ; IEMA – Allemagne ; impuls – Autriche ; Iki-HFMT – Allemagne ; Fondation Royaumont – France ; Time of Music – Finlande ; Ultima Festival – Norvège ; Internationales Musikinstitut Darmstadt – Allemagne ; Flagey – Belgique ; Estonian Philharmonic Chamber Choir – Estonie.
- Projet Ulysses (environ 17.000 visites par an) : un site web présente l'ensemble des activités du projet (<http://project.ulysses-network.eu>).
- Plateforme Ulysses (environ 80.000 visites par an) : un site web centralise les activités et données des artistes et institutions associés au projet Ulysses (325 organisations et 4.552 artistes inscrits) (<http://www.ulysses-network.eu/web/home/>).

Le projet Ulysses 2016-2020 a pris fin officiellement le 30 mai 2020. L'avènement de la Covid-19 a sérieusement impacté les événements planifiés pour le printemps 2020. Malgré cela les activités suivantes ont pu être réalisées :

- Résidence de l'Ensemble Schallfeld à impuls (AT) en septembre.
- Réunion finale des partenaires à l'Ircam (FR) via Zoom en octobre.
- Présentation finale des résultats du projet de recherche « Audience Building » à l'Ircam (FR) via Zoom en octobre. Ces résultats peuvent être consultés sur le site :

<http://archive1620.project.ulysses-network.eu/index.html%3Fp=300544.html>

- Le Tactus Young Composer's Forum Rerun Concert à Flagey (BE) a été transformé en événement en ligne.

En revanche les activités :

- Peter Tscherkassky's CinemaScope Trilogy Rerun à Flagey (BE)
- Vocals Meet Electronics/World Premieres à EPCC (EE)

ont été annulées à cause de la pandémie .

L'ensemble des activités du réseau Ulysses pour 2016-2020 peut être consulté sur le site :

<http://archive1620.project.ulysses-network.eu>

### RÉSEAU ULYSSES 2020-2024

En novembre 2019, l'Ircam a soumis un dossier à la Commission européenne afin de solliciter un soutien pour la période 2020-2024. En juin 2020, la Commission européenne a annoncé la reconduction du projet Ulysses pour quatre ans à partir du 1<sup>er</sup> octobre 2020 et jusqu'à fin septembre 2024.

#### Informations

- 11 partenaires dans 9 pays : Ircam (coordinateur du réseau), Paris – France ; Festival Mixtur, Barcelone – Espagne ; Divertimento Ensemble, Milan – Italie ; Fondation Royaumont, Asnières-sur-Oise – France ; Hochschule für Musik und Theater, Hambourg – Allemagne ; Festival et académie impuls, Graz – Autriche ; Ensemble IEMA, Francfort – Allemagne ; Festival Gaudeamus, Utrecht – Pays-Bas ; Festival Ultima, Oslo – Norvège. Festival Time of Music, Viitasaari – Finlande ; Festival Warsaw Autumn, Varsovie – Pologne.



Le projet Ulysses 2020-2024 va soutenir les activités suivantes :

- Les Ulysses Journeys qui permettent aux jeunes compositeurs, interprètes et chefs d'orchestre de circuler et de se perfectionner dans un contexte international et professionnel à travers différentes activités proposées par les partenaires du réseau.
- L'Ensemble ULYSSES, composé de jeunes musiciens qui auront la possibilité de préparer et jouer, dans les festivals organisés par les partenaires, des œuvres du répertoire de la musique contemporaine ainsi que des créations de jeunes compositeurs sous la direction de chefs de niveau international. Depuis sa première édition en 2017, cet ensemble est devenu une opportunité de professionnalisation incontournable pour de jeunes interprètes internationaux.
- Les projets « In-Situ/City » qui ont comme objectif de créer des œuvres qui tiennent compte des spécificités culturelles et sociales d'un lieu particulier en Europe.
- Les projets « Collaboratory » qui visent à mettre en place des équipes de créateurs (compositeurs, interprètes, etc.) dans l'objectif de créer des œuvres collectives.
- Les projets « Remake the Cultural Heritage » destinés aux élèves de collèges et lycées à travers l'Europe dont l'objectif est de découvrir des œuvres incontournables de la musique contemporaine. Cette activité se caractérise par un « re-make » de l'œuvre étudiée par l'élève, faisant appel à sa propre créativité.

Ulysses 2020-2024 dispose de deux sites permettant de découvrir les activités du projet ainsi que de soutenir les activités des jeunes artistes et professionnels de la musique contemporaine :

- <http://project.ulysses-network.eu>
- <http://www.ulysses-network.eu/web/home/>

## INTERFACES 2016-2020

Accepté en mai 2016 par le programme Culture de la Commission européenne, Creative Europe, le projet Interfaces est destiné – dans le contexte de la musique contemporaine – à créer une « interface » entre des projets de production artistique innovants (par leurs formats, modes de présentation, etc.) et une nouvelle approche du développement des publics de tous âges.

En tant que co-organisateur, l'Ircam pilote plusieurs actions à partir de 2017 :

- Projet de recherche sur le développement des publics dans le contexte de la musique contemporaine : recensement des pratiques des partenaires, questionnaires destinés aux publics, synthèses et recommandations pour des nouvelles pratiques dans ce domaine.
- Exportation de la philosophie et méthodologie du projet pour jeunes publics « Ateliers de la Création » (collaboration Ircam/ Centre Georges Pompidou (CGP) pour une implémentation dans le Onassis Cultural Centre (OCC).

- Projets « in situ » qui proposent aux compositeurs de créer une œuvre pour un lieu unique par son histoire, son architecture, etc.
- Projets « Ether Performance » qui capitalisent sur l'acquis d'un projet Europe Culture précédent (COMEDIA) et proposent des concerts « télématiques » en temps réel entre plusieurs lieux.

### Informations

- 9 partenaires dans 8 pays :  
Onassis Cultural Centre (coordinateur) – Grèce ; Comunitatea din România a Electroacusticii și a Muzicii Asistate Computer – Roumanie ; De Montfort University / Music, Technology and Innovation Research Centre – Royaume-Uni ; European University Cyprus – Chypre ; ICTUS – Belgique ; Ircam – France ; Klangforum Wien – Autriche ; Q-02 – Belgique ; Zentrum für Kunst und Medientechnologie – Allemagne

### ■ Action principale en 2020

- **Projet de recherche sur le développement des publics** : ce projet a été réalisé en exploitant les informations recueillies à travers des questionnaires utilisés par tous les partenaires d'Interfaces. L'analyse finale et les résultats de ces enquêtes ont été présentés lors de la réunion des partenaires à Athènes les 5-7 mars 2020. Ces résultats peuvent être consultés sur le site : [www.interfacesnetwork.eu/post.php?pid=6-new-music-audience-development-research](http://www.interfacesnetwork.eu/post.php?pid=6-new-music-audience-development-research)

Il n'y a pas eu d'autre activité de la part de l'Ircam en 2020. Le projet a pris fin officiellement le 30 mai 2020. L'ensemble des activités de ce projet peut être consulté sur : [www.interfacesnetwork.eu](http://www.interfacesnetwork.eu)

## ŒUVRES PRÉPARÉES OU CRÉÉES EN 2020

### OPÉRA

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Pierre Jodlowski	<i>Alan T.</i>	Production déléguée école, studio de création musicale Coproduction Festival Automne à Varsovie, Festival Donaueschinger Musiktage, Ircam	18 septembre 2021, Festival Automne à Varsovie, ATM STUDIO Musiciens de l'Ensemble Nadar	Opéra de chambre pour chanteuse, comédien, ensemble de chambre et dispositif audiovisuel
Sivan Eldar Livret : Cordelia Lynn d'après <i>Les Métamorphoses d'Ovide</i>	<i>Like Flesh</i>	Commande de l'Opéra de Lille Coproduction Le Balcon, Ircam	21 janvier 2022, Opéra de Lille Le Balcon Dir. Maxime Pascal	Opéra de chambre pour 3 voix solistes, 4 voix, 2 musiciens solistes, 2 acteurs et électronique
Philippe Leroux	<i>L'annonce faite à Marie</i>	Production Théâtre Graslin, Nantes, Grand Théâtre d'Angers	14 octobre 2022, Théâtre Graslin, Nantes, Ensemble Cairn	Opéra pour 6 voix, 8 instruments et électronique, d'après <i>L'Annonce faite à Marie</i> de Paul Claudel

### MUSIQUE ET SCÈNE

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Bernhard Lang	<i>Game 245</i> « <i>The Mirror Stage</i> »	Commande Bijloke, Gent, Festival 20/21 – Transit, Louvain, Ircam	24 octobre 2020, Festival Transit, Louvain HYOID quartet Kobe Van Cauwenberghe	Théâtre musical pour 4 chanteurs, guitare électrique, Ambisonics et lumières
Alexandros Markeas Mise en scène et scénographie : Aliénor Dauchez	<i>Music of choices</i>	Commande Ircam	16 juin 2021, Festival ManiFeste-2021, Centre Pompidou Alexandros Markeas	Happening musical et jeux interactifs pour pianiste, ordinateur, public équipé de smartphones et voix parlée pour piano midi, diskclavier et vidéo
Alexandros Markeas Conception et mise en scène : Jean-François Peyret	<i>Petit bréviaire tragique à l'usage des animaux humains du XXI<sup>e</sup> siècle</i>	Production Studio-Théâtre de Vitry, tf2 - Compagnie Jean-François Peyret Coproduction Ircam, MC93-Maison de la Culture de Seine-Saint-Denis	Octobre 2021, Studio-Théâtre de Vitry May Hilaire, Elphège Kongombé, Anthony Moudir Juliette Adam, François Vallet	3 comédiens, clarinette, percussion et électronique

## ENSEMBLE VOCAL, ENSEMBLE ET VOIX

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Daniele Ghisi	<i>On that April morning she rose from her bed and called</i>	Commande Ensemble Musikfabrik, Ircam	31 août 2020, Festival ManiFeste-2020, Centre Pompidou Agata Zubel Ensemble Musikfabrik Dir. Enno Poppe	Voix de femme, ensemble et électronique
Marta Gentilucci	<i>Canzoniere Part I, Part II</i>	Commande Neue Vocalsolisten Stuttgart, Ircam	9 septembre 2020, Festival ManiFeste-2020, La Villette Sarah Maria Sun Rémi Durupt NeueVocalsolisten Stuttgart	Soprano, percussion, 6 voix mixtes et électronique
Sina Fallahzadeh	<i>Yasnâ</i>	Commande Estonian Philharmonic Chamber Choir, Ircam Avec le soutien du réseau ULYSSES	2021, Tallin Estonian Philharmonic Chamber Choir	Chœur et électronique
Adrien Trybucki	<i>Limen</i>	Commande Estonian Philharmonic Chamber Choir, Ircam Avec le soutien du réseau ULYSSES	2021, Tallin Estonian Philharmonic Chamber Choir	Chœur et électronique
Ülo Krigul	<i>Liquid turns</i>	Commande Estonian Philharmonic Chamber Choir, Ircam Avec le soutien du réseau ULYSSES	2021, Tallin Estonian Philharmonic Chamber Choir	Chœur et électronique
Maurizio Azzan	<i>Ariadne</i>	Commande Schallfeld	18 mai 2021, Theater am Lenz, Graz Anna Piroli Ensemble Schallfeld	Soprano/actrice, 5 musiciens disposés dans la salle, objets sonores et électronique en temps réel
Nicolas Frize	<i>Barthes performance</i>	Production déléguée Les Musiques de la Boulangère Coproducteur Ircam/Les spectacles vivants/Service de la Parole – Centre Pompidou, Collège international de philosophie, Université Paris Lumières, CERILAC – Université de Paris, Centre Roland Barthes	9 juin 2021, Festival ManiFeste-2021, Centre Pompidou Elodie Hubert, Vincent Schmitt, Stephan Olry, Patrice Antonnangelo, Ghislain Herve, Jeff Cohen, Ya-Hui Liang, Christelle Séry	Spatialisation à partir de séquences musicales vivantes, archives vidéo et radio, extraits de textes de Roland Barthes, dessins inédits, fragments
Raphaël Cendo	<i>Double Cheese Passion</i>	Commande Françoise et Jean-Philippe Billarant	11 juin 2021, Festival ManiFeste-2021, Cité de la musique Christina Daletskas Ensemble intercontemporain Dir. Ryan Bancroft	Voix parlée/chantée, ensemble et électronique
Francesco Filidei	Nouvelle œuvre	Commande SWR, Ircam	17 octobre 2021, Festival de Donaueschingen, Donauhalle, Mozart-Saal Chœur et orchestre de la SWR Dir. Sylvain Cambreling	Oratorio pour 6 solistes vocaux, chœur, orchestre et électronique, à partir du <i>Masque de la mort rouge</i> d'Edgar Allan Poe
Stefano Gervasoni Vidéo : Paolo Pachini	<i>De Tinieblas</i>	Aide à l'écriture du ministère de la Culture, Commande Ircam	2022 SWR Vokalensemble Stuttgart Dir. Yuval Weinberg	Chœur et électronique, d'après <i>Tres Lecciones de tinieblas</i> de José Angel Valente

## ENSEMBLE INSTRUMENTAL

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Yann Robin	<i>Triades</i>	Commande Ircam, Ensemble intercontemporain	7 février 2020, Cité de la musique Nicolas Crosse Ensemble intercontemporain Dir. Lin Liao	Contrebasse, ensemble et électronique
Daniel D'Adamo	<i>The Lehmann discontinuity, quatuor à cordes n° 3</i>	Commande Quatuor Tana, Ircam	2 septembre 2020, Festival ManiFeste-2020, Centre Pompidou Quatuor Tana	Quatuor à cordes et électronique
Philippe Hurel	<i>En filigrane</i>	Commande Quatuor Tana, Ircam	2 septembre 2020, Festival ManiFeste-2020, Centre Pompidou Quatuor Tana	Quatuor à cordes et électronique
Benjamin de la Fuente Samuel Sighicelli	<i>Fluid Mechanics</i>	Commande Radio France	6 février 2021, Festival Présences 2021 Groupe Caravaggio Ensemble Court-circuit (création sans public – captation)	Concert immersif
Francisco Alvarado	<i>Je ne suis qu'une voix</i>	Commande Gmem, Ircam	18 mars 2021, Centre Pompidou (création sans public – captation) C Barré Dir. Sébastien Boin	12 musiciens et électronique
Giulia Lorusso	<i>Fabrica</i>	Commande Gmem, Ircam	18 mars 2021, Centre Pompidou (création sans public – captation) C Barré Dir. Sébastien Boin	12 musiciens et électronique ; site interactif vidéo 3D
Sasha J. Blondeau	<i>Des mondes possibles</i>	Commande Françoise et Jean-Philippe Billarant	23 avril 2021, Festival de Witten Quatuor Diotima (création sans public – captation)	Quatuor à cordes et électronique
Bernhard Gander	<i>Soaring Souls System</i>	Commande Ensemble intercontemporain, Ircam	28 mai 2021, Cité de la musique Eric-Maria Couturier, Nicolas Crosse Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher	Double concerto pour violoncelle, contrebasse, ensemble et électronique
Rachel Beja	<i>Frammenti di memoria abolita</i>	Commande Divertimento, Ircam Avec le soutien du réseau ULYSSES	17 juin 2021, Festival ManiFeste-2021 Ensemble Schallfeld	Percussion, trio à cordes et électronique
Luca Francesconi	<i>Corpo Elettrico</i>		18 juin 2021, Festival ManiFeste-2021, Maison de la Radio Patricia Kopatchinskaja Orchestre Philharmonique de Radio France Dir. Maxime Pascal	Violon, orchestre et électronique
Feliz Anne Reyes Macahis	<i>diwata</i>	Commande Fondation Royaumont, Ircam Avec le soutien du réseau ULYSSES	19 juin 2021, Festival ManiFeste-2021 Ensemble ULYSSES Dir. Brad Lubmann	14 musiciens et électronique, à partir de l'étude de chants en dialectes des Philippines
Henry Fourès	<i>Un bel éclair qui durerait</i>	Commande Ircam	23 juin 2021, Festival ManiFeste-2021, La Villette Jean Geoffroy Quatuor Béla	Percussion augmentée et quatuor à cordes
Luis Naón	<i>Quatuor à cordes n° 3</i>	Commande ICST de Zurich, Ircam, ProQuartet, avec le soutien de la Fondation Nicati - de Luze	1 <sup>er</sup> avril 2022, Festival Archipel Quatuor Diotima	Quatuor à cordes et électronique

## SOLO

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Sasha J. Blondeau	<i>Urphänomen IIb</i>	Commande Radio France, Ircam	8 février 2020, Festival Présences 2020, Maison de la Radio Philippe Hattat	Piano et électronique
Rebecca Saunders	<i>The Mouth</i>	Commande Annie Clair	5 septembre 2020, Festival ManiFeste-2020, Centre Pompidou Juliet Fraser	Soprano et électronique
Yan Maresz	Nouvelle œuvre	Commande Françoise et Jean-Philippe Billarant	2022 Jean-François Heisser	Piano et électronique (Timée)

## INSTALLATION SONORE – MUSIQUE ÉLECTROACOUSTIQUE – FILM ET MUSIQUE

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Brice Pauset Vidéo : AROTIN & SERGHEI	<i>Vertigo - Infinite screen</i>	Commande WDR, avec le soutien de la fondation Ernst von Siemens	24 avril 2021, Festival de Witten Klangforum Wien Dir. Titus Engel (création sans public – captation)	Ensemble, vidéo et électronique
Martin Matalon	<i>Metropolis Rebooted</i>	Commande Orchestre de Paris, Orchestre du Gürzenich de Cologne	8 mai 2021, Philharmonie de Paris Orchestre de Paris Dir. Kazushi Ono	Musique sur le film de Fritz Lang, nouvelle version pour orchestre et bande
Andrea Cera Vidéo : Collectif Luxury Logico	<i>Insomnia Sketch Book</i>	Commande Taiwan Sound Lab – C-Lab, Ircam	12 au 28 novembre 2021 Taiwan Sound Lab - C-Lab	Installation sonore et visuelle
Bartabas	<i>Entretiens silencieux</i>	Production Théâtre équestre Zingaro Coproduction Ircam	14 au 28 juillet 2021, Festival Paris l'été, Académie équestre de Versailles	Environnement sonore, sonification du cheval

## MUSIQUES-FICTIONS

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Daniele Ghisi Texte : Maylis de Kerangal Mise en scène : Jacques Vincy	<i>Musiques-Fictions n° 1 : Naissance d'un pont</i>	Commande Ircam	11 septembre 2020, Festival ManiFeste-2020	Collection de courtes fictions, nouveau type de théâtre ou cinéma pour les oreilles, mobilisant des auteurs, compositeurs, metteurs en scène et acteurs, destinées à un dispositif sonore immersif 3D (Ambisonics)
Aurélien Dumont Texte : Annie Ernaux Mise en scène : Daniel Jeanneteau	<i>Musiques-Fictions n° 2 : L'autre fille</i>	Commande Ircam	11 septembre 2020, Festival ManiFeste-2020	
Olivier Pasquet Texte : Céline Minard Mise en scène : Thierry Bédard	<i>Musiques-Fictions n° 3 : Les Bacchantes</i>	Commande Ircam	11 septembre 2020, Festival ManiFeste-2020	
Núria Giménez Comas Texte : Anja Hilling Mise en scène : Anne Montfort	<i>Musiques-Fictions n° 4 : Nostalgie 2175</i>	Commande Ircam	Juin 2022, T2G-Théâtre de Gennevilliers	
Florence Baschet Texte : Lydie Salvayre Mise en scène : Anne-Laure Liégeois	<i>Musiques-Fictions n° 5 : La Compagnie des spectres</i>	Commande Ircam	25 juin 2021, Festival ManiFeste-21, Centre Pompidou	
Gérard Pesson Texte : Marie NDiaye Mise en scène : David Lescot	<i>Musiques-Fictions n° 6 : Un pas de chat sauvage</i>	Commande Ircam	25 juin 2021, Festival ManiFeste-21, Centre Pompidou	

## SAISON 2020

Date	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
9 janv au 1 <sup>er</sup> fév	T2G-Théâtre de Gennevilliers	Martin Crimp/ Daniel Jeanneteau	<i>Le reste vous le connaissez par le cinéma</i>	Solène Arbel, Stéphanie Béghain, Axel Bogouslavsky, Yann Boudaud, Quentin Bouissou, Jonathan Genet, Dominique Reymond, Philippe Smith Delphine Antenor, Marie-Fleur Behlow, Diane Boucaï, Juliette Carnat, Imane El Herdmi, Chaïma El Mounadi, Clothilde Laporte, Zohra Omri, Clément Decout, Victor Katzarov, Ménécée, en alternance
1-févr	Ircam		Studio 5 en direct : étudier à l'Ircam	
7-févr	Cité de la musique	Simon Steen-Andersen Alex Augier/Alba G. Corral Moritz Simon Geist Jesper Nordin  Elias Merino/Tadej Drojic Yann Robin	<i>String Quartet</i> <i>Ex(O)</i> <i>Tripods one</i> <i>Sculpting the air - Gestural</i> <i>Exformation</i> <i>Synspecies Triades</i> <b>CRÉATION 2020</b>	Nicolas Crosse Ensemble intercontemporain Dir. Lin Liao
8-févr	Maison de la Radio <i>Festival Présences 2020</i>	Harrison Birtwistle  Sasha J. Blondeau  György Ligeti Unsuk Chin	<i>The Moth Requiem</i> <b>CRÉATION FRANÇAISE</b> <i>Urphänomen IIb</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Lux aeterna</i> <i>Fanfare chimérique</i> <b>CRÉATION 2020 de la nouvelle version</b>	Philippe Hattat Chœur de Radio France Elèves du Conservatoire de Paris Orchestre du Conservatoire de Paris Dir. Martina Batič
29-févr	Ircam <i>Festival Effractions de la Bibliothèque publique d'information</i>	Daniele Ghisi/Maylis de Kerangal/ Jacques Vincey	<i>Naissance d'un pont</i> , Episode 1 (pilote) <b>CRÉATION 2020</b>	François Chattot, Marie-Sophie Ferdane, Laurent Poitrenaux
5-mars	Centre Pompidou	Aaron Einbond José Miguel Fernandez/ Raphaël Foulon Fraction (Eric Raynaud)	<i>Cosmologies</i> <i>Las Pintas</i>  <i>Vector Field</i>	Alvise Sinivia
13-mars	Cité de la musique <b>ANNULÉ</b> <b>Rediffusion</b> <b>de la répétition</b> <b>générale le 3 juin</b> <b>à 20h30 sur France</b> <b>Musique</b>	Gilbert Nouno Wolfgang Amadeus Mozart Hristina Susak Olga Neuwirth Mauricio Kagel  Marc Monnet	<i>Feedback</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Adagio et Rondo K 617</i> <i>Infans</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Lonicera Caprifolium</i> <i>Die Stücke der Windrose :</i> <i>Osten ; Die Stücke der</i> <i>Windrose : Nordwesten</i> <i>Bosse, crâne rasé, nez crochu</i> (extraits)	Gilles Durot, Hidéki Nagano, Dimitri Vassilakis, Friedrich Heinrich Kern Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher
3-nov au 30-déc	Théâtre équestre Zingaro <b>REPORTÉ EN 2021</b>	Bartabas	<i>Entretiens silencieux</i> <b>CRÉATION 2020</b>	Bartabas et son cheval Tsar

Date	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
16-28-nov	T2G-Théâtre de Gennevilliers <b>REPORTÉ EN 2022</b>	Daniele Ghisi/Maylis de Kerangal/ Jacques Vincey Aurélien Dumont/Annie Ernaux/ Daniel Jeanneteau Olivier Pasquet/Céline Minard/ Thierry Bédard	<i>Naissance d'un pont</i>  <i>L'autre fille</i>  <i>Les Bacchantes</i>	François Chattot, Marie-Sophie Ferdane, Laurent Poitrenaux Annie Ernaux, L'Instant Donné, Nicolas Carpentier, Maxime Echardour, Mayu Sato-Brémaud Bénédicte Wenders, Geoffrey Carey, Julien Cussonneau, Isabelle Mazin, Malvina Plégat, Sabine Moindrot
16-28-nov	T2G-Théâtre de Gennevilliers <b>ANNULÉ</b>	David Monacchi	<i>Fragments of Extinction</i>	
19-20-nov	Centre Pompidou <b>REPORTÉ EN 2021</b>	Nicolas Frize	<i>Barthes performance</i> <b>CRÉATION 2020</b>	Elodie Hubert, Vincent Schmitt, Stephan Olry, Patrice Antonangelo, Ghislain Hervet, Jeff Cohen, Ya-Hui Liang, Christelle Séry

## MANIFESTE-2020

### Un festival reprogrammé en partie de juin à septembre

Date	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
2-juil au 3-sept	La Villette, dans le cadre de Plaine d'artistes	Jean-Luc Hervé	<i>Biotope</i>	
31-août	Centre Pompidou	Daniele Ghisi Mikel Urquiza Rebecca Saunders	<i>On that April morning she rose from her bed and called</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Alfabet</i> <b>CRÉATION FRANÇAISE</b> <i>Nether</i> <b>CRÉATION FRANÇAISE</b>	Juliet Fraser, Agata Zubel Ensemble Musikfabrik Dir. Enno Poppe
2-sept	Centre Pompidou	Philippe Hurel Daniel D'Adamo Ivan Fedele	<i>En filigrane</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>The Lehmann discontinuity, quatuor à cordes n° 3</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Leading Lines</i> <b>CRÉATION 2020</b>	Quatuor Tana
3 au 13-sept	T2G-Théâtre de Gennevilliers	Ashley Fure/ Jean-Michel Albert	<i>Tripwire</i>	
3-sept	Philharmonie de Paris	Marco Momi Stefano Gervasoni Salvatore Sciarrino	<i>UMAMI</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Eufonique</i> <b>CRÉATION 2020 VERSION COMPLÈTE</b> <i>Quaderno di Strada</i>	Otto Katzameier Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher
5-sept	Centre Pompidou	Rebecca Saunders Kurt Schwitters Peter Ablinger Bernard Heidsieck Georges Bloch	<i>The Mouth</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Sonate in Urlauten, 1<sup>er</sup> et 4<sup>e</sup> mouvements</i> <i>Voices and piano, livre I/2 n° 23 et 25</i> <i>Vaduz</i> <i>Three Ladies Project</i>	Juliet Fraser, Hervé Sellin, Georges Bloch Ictus Jean-Luc Plouvier Michael Schmid
7-8-sept	En ligne sur YouTube Concerts du cursus	Sofia Avramidou Oren Boneh Kayla Cashetta Fernando Manassero Maxime Mantovani Paul Ramage Justina Repečkaitė Ko Sahara  Claudia Jane Scroccaro Antonio Tules	<i>Keep digging the hare hole</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Her Majesty the Fool</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Reach</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>The Moth</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Existencia</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Fragments d'une fin</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Transduced</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Paraphrase on "Twinkle, Twinkle, Little Star"</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>I sing the body electric</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Vallée</i> <b>CRÉATION 2020</b>	Séverine Ballon, Mathilde Barthélémy, Florentin Ginot, Flavien Lafaille, Carmen Lefrançois, Roberto Maqueda, Yannick Monnot, Alvis Sinivia, Jean-Étienne Sotty, Fanny Vicens, Musiciens issus de la Haute École de musique de Genève : Damien Augendre, Patrick Bienville, Marianna Grynchuk, Quentin Sanchez
9-sept	La Villette	Marta Gentilucci Stefano Gervasoni	<i>Canzoniere Part I et Part II</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Gramigna</i> <b>CRÉATION FRANÇAISE</b> <i>Dir - in Dir</i>	Sarah Maria Sun, Rémi Durupt Françoise Rivalland Neue Vocalsolisten L'Instant Donné
10-sept	T2G-Théâtre de Gennevilliers	Aurélio Edler-Copes Fausto Romitelli	<i>Mental Radio Machine</i> <b>CRÉATION FRANÇAISE</b> <i>Professor Bad Trip I, II, III</i>	United Instruments of Lucilin Dir. Julien Leroy
10 au 20-sept	Jardin du Palais Royal		<i>Singing Trees</i> <b>CRÉATION 2020</b>	Chansons <i>Legs Logs</i> de Pierre Senges et Pierre-Yves Macé (création), <i>All is full of love</i> de Björk, <i>Noces à Grenelle</i> d'Abd Al Malik Chants traditionnels arabe <i>L'Ayala</i> , anglais <i>Greensleeves</i> et français <i>L'Amour de moi</i>



Date	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
11, 12, 13-sept	Centre Pompidou	Daniele Ghisi/Maylis de Kerangal/Jacques Vincey Aurélien Dumont/ Annie Ernaux/Daniel Jeanneteau  Olivier Pasquet/Céline Minard/Thierry Bédard	<i>Naissance d'un pont</i> <b>CRÉATION 2020</b>  <i>L'autre fille</i> <b>CRÉATION 2020</b>  <i>Les Bacchantes</i> <b>CRÉATION 2020</b>	François Chattot, Marie-Sophie Ferdane, Laurent Poitrenaux Annie Ernaux, L'Instant Donné, Nicolas Carpentier, Maxime Echarhour, Mayu Sato-Brémaud Bénédicte Wenders, Geoffrey Carey, Julien Cussonneau, Isabelle Mazin , Malvina Plégat, Sabine Moindrot
13-sept	Centre Pompidou	Juruna Mallon Eliane Radigue	<i>Les Îles résonnantes</i> (film) <i>Kyema</i> <i>OCCAM XIX</i> <i>OCCAM RIVER XXVII</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>OCCAM DELTA XIII</i>	Carol Robinson, Hélène Breschand, Louis-Michel Marion

## Et un festival en ligne

Date	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
à partir du 7 sept		Sofia Avramidou Oren Boneh Kayla Cashetta Fernando Manassero Maxime Mantovani Paul Ramage Justina Repečkaitė Ko Sahara Claudia Jane Scroccaro Antonio Tules	<i>Keep digging the hare hole</i> <i>Her Majesty the Fool</i> <i>Reach</i> <i>The Moth</i> <i>Existencia</i> <i>Fragments d'une fin</i> <i>Transduced</i> <i>Paraphrase on "Twinkle, Twinkle, Little Star"</i> <i>I sing the body electric</i> <i>Vallée</i>	Séverine Ballon, Mathilde Barthélémy, Florentin Ginot, Flavien Lafaille, Carmen Lefrançois, Roberto Maqueda, Yannick Monnot, Alvis Sinivia, Jean-Étienne Sotty, Fanny Vicens, Musiciens issus de la Haute École de musique de Genève : Damien Augendre, Patrick Bienville, Marianna Grynchuk, Quentin Sanchez
5-12-oct		Daniele Ghisi Mikel Urquiza Rebecca Saunders	<i>On that April morning she rose from her bed and called</i> <i>Alfabet</i> <i>Nether</i>	Juliet Fraser, Agata Zubel Ensemble Musikfabrik Dir. Enno Poppe
12-19-oct	sur YouTube et manifeste.ircam.fr	Philippe Hurel Daniel D'Adamo Ivan Fedele	<i>En filigrane</i> <i>The Lehmann discontinuity</i> <i>Leading Lines</i>	Quatuor Tana
19-26-oct		Rebecca Saunders Kurt Schwitters Peter Ablinger Bernard Heidsieck Georges Bloch	<i>The Mouth</i> <i>Sonate in Urlauten, 1<sup>er</sup> et 4<sup>e</sup> mouvements</i> <i>Voices and piano, livre I/2 n° 23 et 25</i> <i>Vaduz</i> <i>Three Ladies Project</i>	Juliet Fraser, Hervé Sellin, Georges Bloch Ictus Jean-Luc Plouvier Michael Schmid
26-oct-2-nov		Marta Gentilucci Stefano Gervasoni	<i>Canzoniere Part I et Part II</i> <i>Gramigna</i>	Sarah Maria Sun, Rémi Durupt Françoise Rivalland Neue Vocalsolisten L'Instant Donné
2-9-nov		Stefano Gervasoni	<i>Dir - in Dir</i>	L'Instant Donné
9-16-nov		Aurélio Edler-Copes Fausto Romitelli	<i>Mental Radio Machine</i> <i>Professor Bad Trip I, II, III</i>	United Instruments of Lucilin Dir. Julien Leroy

## Concerts et spectacles initialement programmés en juin 2020 et reportés en 2021

Date	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
18-mars-21	Centre Pompidou	Mikel Urquiza Giulia Lorusso Francisco Alvarado Francesca Verunelli	<i>Lavorare stance</i> <b>CRÉATION 2021</b> <i>Fabrica</i> <b>CRÉATION 2021</b> <i>Je ne suis qu'une voix</i> <b>CRÉATION 2021</b> <i>Five Song's (Kafka's Sirens)</i>	Ensemble C Barré Dir. Sébastien Boin
23-juin-21	La Villette	Henry Fourès Béla Bartok Francesca Verunelli	<i>Un bel éclair qui durerait</i> <b>CRÉATION 2021</b> <i>Quatuor à cordes n° 4</i> <i>Unfolding</i>	Jean Geoffroy Quatuor Béla
25-juin-21	CND //ACADÉMIE// Sortie de l'atelier in Vivo Danse- Camping	Michelle Agnes Magalhaes, compositrice Hervé Robbe, chorégraphe	Aboutissement d'une résidence de recherche au sein de l'équipe ISMM (Interaction son musique mouvement) de l'Ircam	Elèves stagiaires de Camping du CND
26-juin-21	CENTQUATRE- PARIS //ACADÉMIE// Sortie de la master classe pour voix de Valérie Philippin	Luigi Nono Kaija Saariaho Daniel D'Adamo Mauro Lanza Jean-Claude Risset	<i>La Fabbrica Illuminata</i> <i>Lonh</i> <i>Lips, your lips</i> <i>Erba nera che cresci segno nero tu vivi</i> <i>Inharmonique</i>	Chanteuses stagiaires de l'académie
26-juin-21	CENTQUATRE- PARIS //ACADÉMIE// Sortie de l'atelier pour musique de chambre de Isabel Mundry	Charles M.Champi Patrick Friel Zhuosheng Jin Aslıhan Keçebaşoğlu Angus Lee Frej Wedlund	<i>Paréidolie</i> <b>CRÉATION 2021</b> <i>Lament</i> <b>CRÉATION 2021</b> <i>dust not dust</i> <b>CRÉATION 2021</b> <i>Trio</i> <b>CRÉATION 2021</b> <i>Lethescape</i> <b>CRÉATION 2021</b> <i>where do we go, now?</i> <b>CRÉATION 2021</b>	Solistes de l'Ensemble intercontemporain
15-oct-21	Studio-Théâtre de Vitry	Jean-François Peyret, mise en scène Alexandros Markeas, musique	<i>Petit bréviaire tragique à l'usage des animaux humains du XXI<sup>e</sup> siècle</i> <b>CRÉATION 2021</b>	May Hilaire, Elphège Kongombé, Anthony Moudir Juliette Adam, François Vallet

**Concerts et spectacles, initialement programmés en juin 2020,  
qui ont dû être annulés ou reportés en 2022 ou 2023**

Date	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
5-7-juin	CENTQUATRE-PARIS <b>ANNULÉ</b>	Aurélien Dumont / Matthieu Roy	<i>Qui a peur du loup ? &amp; Macbeth</i>	Juliette Allen, Philippe Canales, Iris Parizot, Léna Rondé, Johanna Silberstein Et la participation d'un septuor pré-enregistré avec les musiciens d'Ars Nova
9-juin	Philharmonie de Paris <b>REPORT</b>	Stefano Gervasoni Beat Furrer Kaija Saariaho	<i>De Tinieblas</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Enigma I, II, III, IV</i> <i>Nuits-adioux</i>	SWR Vokalensemble Stuttgart Dir. Yuval Weinberg
12-13-juin	Centre Wallonie- Bruxelles <b>ANNULÉ</b>	Ingrid von Wantoch Rekowski	<i>In H-Moll</i> <b>CRÉATION FRANÇAISE</b>	Pascal Crochet, Bernard Eylenbosch, Hélène Gailly, Daphné D'heur, Dirk Laplasse, Isabelle Dumont, Pietro Pizzuti, Annette Sachs, Candy Saulnier, Luc Schillinger
18-juin	Philharmonie de Paris <b>REPORT</b>	Rebecca Saunders Luciano Berio Marco Stroppa	<i>Alba</i> <b>CRÉATION FRANÇAISE</b> <i>Concerto pour deux pianos</i> <i>Come play with me</i> <b>CRÉATION FRANÇAISE</b>	Marco Blaauw Katia et Marielle Labèque Orchestre de Paris Dir. André de Ridder
19-juin	Maison de la Radio <b>REPORT</b>	Jesper Nordin  Kaija Saariaho	<i>Emerging from Currents and Waves</i> <b>CRÉATION FRANÇAISE</b> <i>Du cristal... à la fumée</i> <b>CRÉATION FRANÇAISE</b>	Martin Fröst Orchestre Philharmonique de Radio France Dir. Duncan Ward
20-juin	CENTQUATRE-PARIS <b>ANNULÉ</b> //ACADÉMIE// Sortie de l'atelier pour ensemble vocal de Rebecca Saunders	Michele Foresi Tímea Hvozdková Adrian Laugsch Anqi Liu Deniz Nurhat	<i>Paraphernalia</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>RMUT</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>We are pious</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Sans Titre</i> <b>CRÉATION 2020</b> Nouvelle œuvre <b>CRÉATION 2020</b>	Neue Vocalsolisten
26-juin	CENTQUATRE-PARIS <b>ANNULÉ</b> //ACADÉMIE// Sortie de l'atelier pour musique de chambre et électronique de Raphaël Cendo	Claudio Panariello  Zeynep Toraman Chaz Underriner Marco Momi Enno Poppe	<i>Discovery of television among the bees</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>a walk at down</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Context Collage</i> <b>CRÉATION 2020</b> <i>Almost nowhere</i> <i>Fleish</i> <b>CRÉATION FRANÇAISE</b>	Ensemble Nickel

## TOURNÉES 2020

## Les tournées fortement perturbées

Artistes	Titre	Dates & Lieux	
Aurélien Dumont/ Matthieu Roy	<i>Qui a peur du loup ? &amp; Macbeth</i>	13, 14 janvier, Saintes	reprise
		23, 25 janvier, Mugron	reprise
		9-11 avril, Nancy	annulé
Adam Maor	<i>The Sleeping Thousand</i>	8 janvier, Luxembourg	reprise
		16 janvier, Lisbonne	reprise
		26, 29, 30 septembre, Théâtre de la Monnaie, Bruxelles	annulé
Daniel Jeanneteau	<i>Le reste vous le connaissez par le cinéma</i>	7-15 février, Théâtre national de Strasbourg	reprise
		10-14 mars, Théâtre du Nord, Lille	reprise
		20 mars, Théâtre de Lorient	annulé
Daniel D'Adamo	<i>The Lehmann discontinuity, quatuor à cordes n° 3</i>	14 mars, Auditorium de Lyon, Biennale des musiques exploratoires	annulé
Philippe Hurel	<i>En filigrane</i>	15 mars, Auditorium de Lyon, Biennale des musiques exploratoires	annulé
Marko Nikodijevic/ Robert Henke	<i>From Within...</i>	19 mars, Klarafestival, Bruxelles	annulé
Yann Robin	<i>Art of Metal III</i>	27 mars, Victoria Hall, Genève	annulé
	<i>Triades</i>	4 décembre, Wiener Konzerthaus, Vienne	annulé
Jérôme Combier	<i>Gone</i>	2 avril, Ateliers du Forum hors les murs, Montréal	annulé
Philippe Leroux	<i>Voi(Rex)</i>	3 avril, Ateliers du Forum hors les murs, Montréal	annulé
Jean-Luc Hervé	<i>Germination</i>	4 avril, Ateliers du Forum hors les murs, Montréal	annulé
Sasha J. Blondeau	<i>Namenlosen</i>	4 avril, Ateliers du Forum hors les murs, Montréal	annulé
Raphaël Cendo	<i>Double Cheese Passion</i>	9 avril, MC2, Grenoble	annulé
Adrien Trybucki	<i>Limen</i>	19 mai, Tallin	création
			annulé
Sina Fallazadeh	<i>Yasnâ</i>	19 mai, Tallin	création
			annulé
Ülo Krigul	<i>Liquid turns</i>	19 mai, Tallin	création
			annulé
Olga Neuwirth	<i>Le Encantadas o le avventure nel mare delle meraviglie</i>	6 juin, Walt Disney Concert Hall, Los Angeles	annulé
Rebecca Saunders	<i>The Mouth</i>	22 août, Festival de Lucerne	reporté en 2021
		8 novembre, November Music, Hertogenbosch	reporté en 2021
Bernhard Lang	<i>Game 245</i>	24 octobre 2020, Festival Transit, Louvain	création
Luca Francesconi	<i>Quartett</i>	3, 8, 10, 18 octobre, Berlin	reprise
	<i>Timon Forces</i>	29 novembre, 2, 5, 9, 12 décembre, Bayerische Staatsoper, Munich	annulé
Ashley Fure	<i>Anima</i>	1 <sup>er</sup> novembre, Festival Wien Modern, Vienne	reprise
Sivan Eldar	<i>Heave</i>	8 novembre, November Music, Hertogenbosch	reporté en 2021
Chaya Czernowin	<i>HIDDEN</i>	22 novembre, Huddersfield contemporary music festival	reporté en 2021
Unsuk Chin	<i>Double Bind ?</i>	5 décembre, Taiwan Sound Lab, Taipei	reprise
Michael Jarrell	<i>Dornröschen (Nachelese IVb)</i>	5 décembre, Taiwan Sound Lab, Taipei	reprise
Philippe Manoury	<i>Pluton</i>	5 décembre, Taiwan Sound Lab, Taipei	reprise

Artistes	Dates & Lieux	
Concerts d'ouverture ManiFeste-2020 Professor Bad Trip Concerts du cursus 1 & 2	7-13 décembre, sur la chaîne YouTube du Taiwan Contemporary Culture Lab C-Lab	retransmission concerts ManiFeste-2020
Concerts Quatuor Tana Speech Voce 1 & 2	14-20 décembre, sur la chaîne YouTube du Taiwan Contemporary Culture Lab C-Lab	retransmission concerts ManiFeste-2020

## LE FORUM IRCAM

Le Forum Ircam regroupe la communauté internationale des utilisateurs des logiciels de l'Ircam. Ses activités s'organisent autour de trois vecteurs de diffusion et de communication principaux : le site web [forum.ircam.fr](http://forum.ircam.fr), les Ateliers Forum annuels à l'Ircam et les Ateliers Hors les murs. L'année 2020 a été principalement marquée par le déploiement du nouveau site, le renouvellement de l'offre logicielle et des actions de documentation et de communication, l'organisation des Ateliers Forum à Paris ainsi que de plusieurs événements en ligne dans le contexte de la pandémie.

### ■ Site [forum.ircam.fr](http://forum.ircam.fr)

Après la publication fin 2019 d'une version totalement réécrite du site Forum, les principales actions pour son évolution menées en collaboration avec le Pôle Web ont consisté à réintégrer l'ensemble des contenus présents dans l'ancien site, résoudre les principaux dysfonctionnements, fiabiliser le développement de mises à jour en constituant des jeux de tests pour l'intégration continue et développer des fonctions nouvelles, dont un système hiérarchique de collections pour l'organisation éditoriale des contenus ou l'accès par les développeurs aux statistiques de téléchargement de leurs logiciels. Cette fiabilisation du site s'est heurtée aux spécificités du progiciel de vente Prestashop mais les complications en découlant sont en voie d'être résolues début 2021.

Les résultats en termes d'usage sont très positifs. En 2020, le site a fait l'objet de près de 124 000 vues de la part de plus de 86 000 utilisateurs de 147 pays, avec notamment plus de 60 000 téléchargements de logiciels. Si la plupart des logiciels téléchargés sont issus de l'Ircam, le site comportait, début 2021, 26 projets logiciels produits par des membres. Le nouveau système de fils de discussions thématiques est également très actif.

### ■ Renouvellement de l'offre, marketing et communication

La plupart des logiciels, notamment sous forme d'objets Max ou de bibliothèques OpenMusic, sont accessibles gratuitement. L'offre Premium (payante) destinée à des membres individuels et institutionnels, en complément des nombreuses avancées produites par les équipes de l'UMR, a fait l'objet de renouvellements importants, avec notamment l'intégration de la base de données d'échantillons instrumentaux FullSOL fonctionnant avec les logiciels d'orchestration Orchids et Orchidea, les mises à jour de l'application de spatialisations Panoramix, le lancement d'une nouvelle collection d'applications Max4Live développée dans l'équipe Forum par Greg Beller avec ses premiers items de traitement de la voix chantée Harmonic Scale et Virtual Choir, ainsi que des conditions attractives sur des produits commerciaux : gratuité du logiciel TS2 pour son lancement, réductions sur les collections Ircam Tools et Ircam Solo Instruments et sur les formations Ircam, etc.

Ce renouvellement des logiciels s'est accompagné d'un effort particulier sur leur documentation, avec la création d'une collection de tutoriels vidéo en ligne et de webinaires sur des projets particuliers.

Afin de renforcer l'animation de la communauté, une newsletter mensuelle bilingue par mail, reflétant l'actualité récente publiée sur le site, a été lancée après l'été en coordination avec les autres actions de communication de l'Ircam.

Une enquête sous forme de questionnaire en ligne a été lancée pour mieux connaître les profils des membres et leurs attentes sur les différents aspects de l'offre Forum.

### ■ Ateliers du Forum Ircam à Paris – 4-6 mars 2020

Les Ateliers du Forum représentent un momentum annuel de rencontres où convergent plusieurs compétences, métiers et intérêts autour du son. Designers, artistes, compositeurs, performeurs, chercheurs et *makers* du monde entier se retrouvent pour trois jours de conférences, workshops, démonstrations, partages et rencontres. C'est aussi l'occasion pour les équipes de R&D de l'Ircam de présenter leurs nouveautés et d'être en contact avec la communauté des utilisateurs.

La session 2020 des Ateliers à Paris a pu se tenir en physique à l'Ircam du 4 au 6 mars juste avant le premier pic de la pandémie. Elle a réuni 140 participants venus de nombreux pays autour de 34 conférences, 6 workshops, 24 posters étudiants. Elle a comporté plusieurs moments forts, dont la présentation de la première version du logiciel TS2 et une *keynote* de Jonathan Bailey, CTO de la société iZotope. Ces Ateliers étaient organisés conjointement à la soirée Ircam Live comportant des créations de José Miguel Fernandez et Raphaël Foulon, Eric Raynaud (nom de scène Fraction) et Aaron Einbond.

### ■ Ateliers du Forum hors les murs et autres événements

Le principal événement prévu pour 2020 concernait les Ateliers hors les murs à Montréal, qui devaient se tenir du 2 au 5 avril 2020. L'irruption de la pandémie nous a conduits à les reprogrammer d'abord pour octobre 2020, puis finalement février 2021 dans une version entièrement en ligne.

Le Forum Ircam a également été présent au cours de l'année dans plusieurs autres événements en ligne :

- **Powcast pour Powland.tv – 24 septembre 2020**

Le Forum Ircam était partenaire de cette performance live de musique électronique des artistes Apollo Noir, Canblaster et controlrandom à base de synthétiseurs modulaires, qui s'est tenue en Studio 5, diffusée sur Facebook et qui a bénéficié de plus de 35 000 vues cumulées.

- **Soirée événement Mixage Fou – 13 octobre 2020**

Le Forum Ircam est partenaire depuis plusieurs années de ce concours destiné à des ingénieurs du son, dont les lauréats obtiennent un abonnement Premium au Forum.

- **Forum Ircam @ La Feria de la Musica, 20 novembre 2020**

Le Forum Ircam participait à cet événement organisé par l'université nationale de Saint-Martin (UNSAM) à Buenos Aires pour présenter ses activités lors d'une session qui lui était dédiée.

- **Ateliers Forum hors les murs à Taipei – Festival Good Vibration – 7-20 décembre 2020**

Dans le cadre de la collaboration institutionnelle avec notre partenaire taiwanais le C-Lab, ces Ateliers Forum se sont tenus entièrement en ligne du 7 au 20 décembre dans le cadre du festival Good Vibration, avec la diffusion de vidéos produites pour l'occasion, notamment autour des thèmes « Musique et improvisation » et « Spatialisation sonore et réalité virtuelle », avec près de 4 000 vues pour certaines sessions.

## LES SÉMINAIRES

### SÉMINAIRES INTERNES – LES MERCREDIS DE STMS

#### ■ 8 janvier

Elaine Chew, équipe Représentations musicales, projet COSMOS  
« Musical Structures, Performances, and Arrhythmias »

#### ■ 15 janvier

Alex Ruthmann, compositeur en résidence  
« Designing Creative Web Environments for Musical Play and Learning »

#### ■ 22 janvier

Juliette Chabassier, chargée de recherches dans l'équipe projet Inria MAGIQUE-3D, invitée par l'équipe SEAM  
« L'atelier virtuel OpenWIND : une boîte à outils Python à destination des facteurs d'instruments à vent »

#### ■ 29 janvier

3 doctorantes de l'équipe ISMM :

- Judith Guadalupe Ley-Flores, doctorante au département Informatique de l'université Carlos III de Madrid et de l'université Loyola Andalucia  
« Using movement sonification to alter body perception and promote physical activity adherence in physical inactive people »

- Iseline Peyre, doctorante dans l'équipe ISMM et en codirection avec l'Institut universitaire d'ingénierie en santé (IUIS)  
« Movement-based interaction with sound: three different use cases from education to rehabilitation »

- Marion Voillot, architecte et designer, doctorante interdisciplinaire entre l'Ircam STMS, le CRI Paris (Centre de recherche interdisciplinaire, université Paris-Descartes) et l'ENSCI- Les Ateliers  
« Le corps au cœur de l'apprentissage grâce au numérique : exploration d'un nouveau paradigme pour l'éducation de la petite enfance »

#### ■ 5 février

Victor Wetzal, doctorant dans l'équipe SEAM  
« A lumped parameter model of waves in the vocal tract »

Pierre Massé, doctorant dans l'équipe EAC  
« Méthodes d'analyse et de traitement temps-fréquence-espace pour des réponses impulsives directionnelles »

#### ■ 19 février

Benjamin Levy (RIM, département Production)  
et Raphaël Imbert, musicien en résidence  
« A.I. Swing »

#### ■ 26 février

José Vieira Antunes, de l'Institut supérieur de technologie de Lisbonne, invité par l'équipe S3AM  
« The Udewadia-Kalaba formulation and its application for the physical modelling of string instruments »

#### ■ 11 mars

Prof. Michael Casey, Arts & Sciences Faculty, Dartmouth (UK), invité par l'équipe Représentations musicales et le COSMOS Project  
« Auditory Stimulus Reconstruction from High-Resolution fMRI of Music Perception and Imagery »

Clément Canonne, Louise Goupil et Pierre Saint-Germier, de l'équipe APM  
« How does it feel to be an improviser? Une étude exploratoire sur la phénoménologie de l'action conjointe en grand groupe »

#### ■ 24 juin

Marco Suárez-Cifuentes, dans le cadre du programme des résidences en recherche artistique de l'Ircam  
« Composer les espaces et la perception »

#### ■ 15 juillet

Erik Alan Petersen, doctorant au LMA (Marseille), invité par l'équipe S3AM de STMS (Ircam-CNRS-Sorbonne Université-Ministère de la Culture)  
« The Tonehole Lattice Cutoff Frequency: results from theoretical, numerical, and experimental studies »

#### ■ 30 septembre

Nicolas Misdariis et Jean-Julien Aucouturier, équipe PDS  
« Le son pour le soin («sounds4care») – axe de recherche de l'équipe PDS »

#### ■ 14 octobre

Guillaume Pellerin, Antoine Grandry, Martin Desrumaux, équipe POW du département IMR de l'Ircam  
« Python audio processing framework and server made for the web »

#### ■ 21 octobre

Floy Krouchi et Robert Piéchaud, équipe S3AM  
« "FKBeen": Bass hybride, Rudra Veena et Modalys »



## LES SOUTENANCES DE THÈSES

---

### ■ Jeudi 30 janvier

Axel Chemla--Romeu-Santos (thèse en co-tutelle avec l'Università degli Studi à Milan)  
« Manifold-based representations of musical signals and construction of generative spaces »

### ■ Jeudi 28 mai

Guillaume Doras, équipe Analyse synthèse des sons  
« Automatic Cover Detection Using Deep Learning »

### ■ Jeudi 9 juillet

Gabriel Meseguer Brocal, équipe Analyse synthèse des sons  
« Multimodal Analysis: Informed Content Estimation and Audio Source Separation »

### ■ Vendredi 21 août

Vanessa Pope (thèse encadré à Queen Mary University, Londres)  
« That's What She Said: A computational approach to analysing structure and timing in stand-up comedy »

### ■ Vendredi 13 novembre

Karim Haddad, équipe Représentations musicales  
« L'unité temporelle. Une approche pour l'écriture de la durée et de sa quantification »

### ■ Jeudi 17 décembre

Tristan Carsault, équipe Représentations musicales  
« Introduction de connaissances musicales et analyse qualitative pour les tâches d'extraction et de prédiction d'accords par apprentissage machine »

## PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

### PUBLICATIONS MULTI-ÉQUIPES

#### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

- Arias P., Soladie C., Bouafif O., Roebel A., Seguier R., Aucouturier J.-J., « Realistic Transformation of Facial and Vocal Smiles in Real-Time Audiovisual Streams », *IEEE Transactions on Affective Computing*, Institute of Electrical and Electronics Engineers, PP (99), p. 1-1, 2020, (10.1109/TAFFC.2018.2811465).
- Goupil L., Saint-Germier P., Rouvier G., Schwarz D., Canonne C., « Musical coordination in a large group without plans nor leaders », *Scientific Reports*, *Nature Publishing Group*, 2020, (10.1038/s41598-020-77263-z). (hal-03019776).

### PUBLICATIONS ÉQUIPE ANALYSE DES PRATIQUES MUSICALES

#### ■ Ouvrages et numéros thématiques de revues

- Canonne C., McKinley M., « Le continuum de l'improvisation », *Circuit, musiques contemporaines*, Presses de l'université de Montréal, 30 (2), 2020.
- Canonne C., Saint-Germier P. (traducteurs), *Jerrold Levinson, L'expérience musicale*, Vrin, 2020.
- Goldman J., Gribenski F., « Opening the Doors of the Studio », *Contemporary Music Review*, 39 (6).

#### ■ Chapitres d'ouvrages

- Feneyrou L., « Une archéologie des séries proliférantes. Jean Barraqué et l'idée sérielle », Joubert M. et Le Touzé D., *Foisonnements et proliférations en musique*, Presses universitaires de Lyon, p. 149-184, 2020.
- Feneyrou L., « Critiquer les débuts du sérialisme intégral », Picard T., *La Critique musicale au xx<sup>e</sup> siècle*, Presses universitaires de Rennes, p. 217-226, 2020.
- Feneyrou L., « Portrait baroque de Bruno Maderna », Buso N. et Orcalli A., *La musica nella gabbia della modernità. Profili di compositori italiani*, LIM, p. 57-80, 2020.
- Féron F.-X., « Iter memor (1985) pour violoncelle et clavier Kurzweil 250 de François-Bernard Mâche : une nouvelle approche de la musique mixte », Grabócz M., *Modèles naturels et scénarios imaginaires dans les œuvres de Peter Eötvös, François-Bernard Mâche et Jean-Claude Risset*, Hermann, p. 187-206, 2020.
- Zattra L., « Audiogrammi of a Collective Intelligence: The Composers-Researchers of S2FM, SMET, N.P.S. and other Mavericks », *Bloomsbury Academic, The Bloomsbury Handbook of Sound Art*, edited by Sanne Krogh Groth & Holger Schulze, p. 273-294, 2020.

- Zattra L., « Taras su tre dimensioni by Teresa Rampazzi: Documenting the Creative Process », *Between the Tracks. Musicians on Selected Electronic Music*, edited by Kerry Hagan & Miller Puckette, MIT Press, p. 241-263, 2020.

#### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

- Boutard G., Féron F.-X., « Documenting acousmatic music interpretation: a developmental framework based on cross self-confrontations », *International Journal of Performance Arts and Digital Media*, p. 1-20.
- Canonne C., « À la croisée d'un double continuum ? Retour sur une expérience de co-création entre un compositeur et cinq improvisateurs », *Circuit, musiques contemporaines*, Presses de l'université de Montréal, 30 (2), p. 11-25, 2020.
- Canonne C., Fryberger A., « But if it's not music, what is it? Defining interstitial artistic practices », *Circuit, musiques contemporaines*, Presses de l'université de Montréal, 30, p. 45-52, 2020.
- Canonne C., McKinley M., « Introduction. Bienvenue dans le continuum de l'improvisation », *Circuit, musiques contemporaines*, Presses de l'université de Montréal, 30 (2), p. 5-9, 2020.
- Goldman J., Gribenski F., « João Romão. Introduction: A Connected History and Geography of Studios », *Contemporary Music Review*, Taylor & Francis, 2020, « Opening the Doors of the Studio », 39 (6), p. 639-647.
- Goupil L., Saint-Germier P., Rouvier G., Schwarz D., Canonne C., « Musical coordination in a large group without plans nor leaders », *Scientific Reports*, *Nature Publishing Group*, 2020.
- Gribenski F., « Tuning forks as time travel machines: Pitch standardisation and historicism For "Sonic Things": Special issue of Sound Studies », *Sound Studies: An Interdisciplinary Journal*, vol. 6, n° 2, p. 153-173.
- Gribenski F., Planck M., « Plenty of pitches », *Nature Physics*, *Nature Publishing Group*, 16 (2), p. 232-232, 2020.
- Lê Quang V., Canonne C., « S'entendre sur le soundpainting », *Circuit, musiques contemporaines*, Presses de l'université de Montréal, 30 (2), p. 69-78, 2020.
- Saint-Germier P., Canonne C., « Coordinating Free Improvisation: An Integrative Framework for the Study of Collective Improvisation », *Musicae Scientiae*, SAGE Publications, 2020.

#### ■ Conférences

- Féron F.-X., Camier C., Guastavino C., « Spatial effects induced by a sound centrifuge », *Ateliers du Forum Hors Les Murs*, Montréal 2020.

### ■ Bases de données

- Bacot B., Féron F.-X., « Jesper Nordin – Sculpting the Air », ANALYSE – (Œuvres commentées du répertoire de l'Ircam [en ligne], Ircam.
- Feneyrou L., Jean Barraqué (1928–1973), Base Dicterco, 2020, <https://dicteco.huma-num.fr/fr/person/43513>
- Feneyrou L., Giacomo Manzoni (1932), Base Dicterco, 2020, <https://dicteco.huma-num.fr/fr/person/33554>
- Feneyrou L., Tōru Takemitsu (1930–1996), Base Dicterco, 2020, <https://dicteco.huma-num.fr/fr/anthology/45650>.

### ■ Partition (édition critique)

- Feneyrou L., *Jean Barraqué, La Nostalgie d'Arabella*, Bärenreiter, 2020.

### ■ Autre

- Feneyrou L., Kurvers M., « Dramatiser », David Christoffel, *Les Annales de Métaclasse*, Aedam Musicae, p. 255-266, 2020.

## PUBLICATIONS ÉQUIPE ANALYSE ET SYNTHÈSE DES SONS

### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

- Chabot-Canet C., Ardaillon L., Roebel A., « Analyse du style vocal et modélisation pour la synthèse de chant expressif : l'exemple d'Édith Piaf », *Volume! La revue des musiques populaires*, Éditions Mélanie Seteun, p. 63-85, 2020, (10.4000/volume.8268).

### ■ Communications avec actes dans un congrès international

- Ardaillon L., Roebel A., « GCI Detection from Raw Speech Using a Fully-Convolutional Network », ICASSP 2020, 2020 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), mai 2020, Barcelone, Espagne, p. 6739-6743, (10.1109/ICASSP40776.2020.9053089).
- Bous F., Ardaillon L., Roebel A., « Semi-supervised learning of glottal pulse positions in a neural analysis-synthesis framework », 28th European Signal Processing Conference (EUSIPCO), août 2020, Amsterdam, Pays-Bas, p. 401-405, (10.23919/Eusipco47968.2020.9287687).
- Caracalla H., Roebel A., « Sound Texture Synthesis Using RI Spectrograms », ICASSP 2020, 2020 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), mai 2020, Barcelone, Espagne, p. 416-420, (10.1109/ICASSP40776.2020.9053376).
- Doras G., Peeters G., « A Prototypical Triplet Loss for Cover Detection », ICASSP 2020, 2020 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), mai 2020, Barcelone, Espagne.
- Doras G., Yesiler F., Serrà J., Gomèz E., Peeters G., « Combining musical features for cover detection », Proceedings of the 21st International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR), 11-16 oct. 2020, Montréal, Canada, p. 279-286.

- Fares M., « Towards Multimodal Human-Like Characteristics and Expressive Visual Prosody in Virtual Agents », 22nd ACM International Conference on Multimodal Interaction, oct. 2020, Utrecht (virtual), Pays-Bas, (10.1145/3382507.3421155).

- Fares M., Pelachaud C., Obin N., « Multimodal modeling of expressiveness for human-machine interaction », WACAI 2020, juin 2020, Île d'Oléron, France.

- Ferro R., Obin N., Roebel A., « CycleGAN Voice Conversion of Spectral Envelopes using Adversarial Weights », 28th European Signal Processing Conference (EUSIPCO), août 2020, Amsterdam, Pays-Bas.

- Foroughmand H., Peeters G., « Extending Deep Rhythm for Tempo and Genre Estimation Using Complex Convolutions, Multitask Learning and Multi-input Network », The 2020 Joint Conference on AI Music Creativity, Bob Sturm, octobre 2020, Stockholm, Suède.

- Le Moine C., Obin N., « Att-HACK: An Expressive Speech Database with Social Attitudes », Speech Prosody, mai 2020, Tokyo, Japon.

- Quillot M., Guillou L., Gresse A., Ferro R., Röth R., Malinas D., Dufour R., Roebel A., Obin N., Bonastre J.-F., Ethis E., « La voix actée : pratiques, enjeux, applications », 6<sup>e</sup> conférence conjointe Journées d'études sur la parole (JEP, 33<sup>e</sup> édition), Traitement automatique des langues naturelles (TALN, 27<sup>e</sup> édition), Rencontre des étudiants chercheurs en informatique pour le traitement automatique des langues (RÉCITAL, 22<sup>e</sup> édition), vol. 1, « Journées d'études sur la parole », 2020, Nancy, France, p. 525-533.

### ■ Thèses, mémoires et travaux universitaires

- Doras G., « Automatic Cover Detection Using Deep Learning », thèse de doctorat, Sorbonne Université, 2020.
- Foroughmand H., « Towards Global Tempo Estimation and Rhythm-Oriented Genre Classification Based On Harmonic Characteristics of Rhythm », thèse de doctorat, Sorbonne Université, 2020.
- Gong Z., « Improving singing voice separation with the wave-u-net », Rapport de stage, 2020.
- Meseguer Brocal G., « Multimodal Analysis: Informed Content Estimation and Audio Source Separation », thèse de doctorat, Sorbonne Université, 2020.
- Saidane W., « Transcription automatique du piano par réseaux de neurones profonds », Rapport de stage, 2020.
- Yang Y., « Deep disentanglement of speaker identity and phonetic content for voice conversion », Rapport de stage, 2020.

### ■ Création musicale en relation avec la recherche

- Algorithme de transformation du vibrato pour Marta Gentilucci : Biagini E., Gayraud I., McCallum S., Alexievich S., Shockley E., « Canzoniere, part. I (2018-19), pour soprano, percussion et électronique en temps réel ».
- Greenstreet K., Sharif S., McCallum S., Shockley E., Reyes B. J., « Canzoniere, part. II (2019-20), pour ensemble vocal et électronique en temps réel ».

Création 9 septembre 2020, Festival ManiFeste (Paris).  
Transformation de sons par modifications de statistiques dans le plan temps fréquence pour Hecker  
<https://portraitsgrm.bandcamp.com/album/statistique-synth-tique>  
Statistique synthétique by Hecker  
Création le 18 décembre, 2020

Analyse automatisée des sons pour Jérôme Nika contribuant à  
<https://www.lefresnoy.net/panorama22/artwork/1308/misurgia-sisitlallan/vir-andres-hera>  
et <https://www.lefresnoy.net/panorama22/artwork/1320/c-est-pour-quoi/jerome-nika>

#### ■ Diffusion des connaissances

Roebel A., Invité à POP CONF' #5, « À chaque voix son identité? », 11 mai 2020, <https://lapop.fr/spectacles/pop-conf/>

#### ■ Comités et expertises

Obin N., comité de suivi de thèse de P.-G. Noé, « Learning disentangled speaker representation for personal-attributes manipulation », Laboratoire d'informatique d'Avignon, université d'Avignon, ED 536.

Roebel A., rapporteur pour la soutenance de thèse d'A. Defossez, « Optimization of Fast Deep Learning Models for Audio Analysis and Synthesis », École normale supérieure PSL, Département d'informatique de l'École normale supérieure, ED SMPC – 386.

Roebel A., rapporteur pour la soutenance de thèse de M. Huzaif bin Md Shahrin, « Directed audio texture synthesis with deep learning. NUS Graduate School for Integrative Sciences and Engineering », université nationale de Singapour.

Roebel A., membre du comité de suivi de thèse de J. Nistal, « Conditional generation of audio using deep neural networks and its application to music production », LTCI, Telecom Paris, ED 626.

Roebel A., expertise audio pour le Tribunal de grande instance de Rennes et la police judiciaire de Nantes, décembre 2020.

## PUBLICATIONS ÉQUIPE ESPACES ACOUSTIQUES ET COGNITIFS

#### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

Hobeika L., Taffou M., Carpentier T., Warusfel O., Viaud-Delmon I., « Capturing the dynamics of peripersonal space by integrating expectancy effects and sound propagation properties », *Journal of Neuroscience Methods*, Elsevier, 2020, vol. 332, p. 108-534, (hal-02418179).

Hobeika L., Taffou M., Viaud-Delmon I., « Social impact on audio-tactile integration near the body », *Acoustical Science and Technology*, Acoustical Society of Japan, 2020, 41 (1), p. 345-348, (hal-02441133).

Massé P., Carpentier T., Warusfel O., Noisternig M., « A Robust Denoising Process for Spatial Room Impulse Responses with Diffuse Reverberation Tails », *The Journal of the Acoustical Society of America*, 147 (4), p. 2250-2260, (hal-02443679v2).

Massé P., Carpentier T., Warusfel O., Noisternig M., « Denoising Directional Room Impulse Responses with Spatially Anisotropic Late Reverberation Tails », *Applied Sciences*, 10 (3), p. 1033, (hal-02492066).

Taffou M., Suied C., Viaud-Delmon I., « Auditory roughness elicits defense reactions », *Scientific Reports*, Nature Publishing Group, 2021, 11, (hal-03127860).

Zagala F., Noisternig M., Katz B. F. G., « Comparison of direct and indirect perceptual Head-Related Transfer Functions selection methods », *Journal of the Acoustical Society of America*, 147 (5), (hal-02570410).

Zaunschirm M., Zagala F., Zotter F., « Auralization of high-order directional sources from first-order RIR measurements », *Applied Sciences*, 10 (3747), DOI: 10.3390/app10113747.

#### ■ Communications avec actes dans un congrès international

Isnard V., Nguyen T., Viaud-Delmon I., (2021), « Le Test de Pieter Musk : interaction vocale en réalité virtuelle avec transformations temps réel de la voix du participant », Colloque international « Mondes spatialisés. Composition et spatialisation sonore et musicale dans les environnements en réalité virtuelle, augmentée et mixte », université Jean Monnet, Saint-Étienne, 3-4 novembre 2020, (hal-03127885).

Martin V., Viaud-Delmon I., Warusfel O., (2020), « Source distance modelling in the context of augmented reality », in Proc of Forum Acusticum 2020, Lyon, France, décembre 2020.

Massé P., Carpentier T., Warusfel O., Noisternig M., (2020c), « Measurement, Analysis, and Denoising of Directional Room Impulse Responses in Complex Spaces », in Proc of Forum Acusticum 2020, Lyon, France, décembre 2020.

#### ■ Diffusion des connaissances

Carpentier T., contribution au MOOC « Têtes chercheuses, les métiers de la recherche » (présentation de la recherche pour l'orientation des étudiants) piloté par l'université de Lille, novembre 2020.

Carpentier T., Henrot J., Mixage 3D, Journées Méridien Ircam, 14-15 septembre 2020.

Carpentier T., nouveautés de l'équipe EAC, Ateliers du Forum Ircam, 4-6 mars 2020.

Carpentier T., workshop Spat5, Ateliers du Forum Ircam, 5 mars 2020.

Emerit S., Warusfel O., « Les sons de l'Histoire. Archéo-acoustique et restitutions sonores », Salon des écritures alternatives, Marseille, janvier 2020.

Martin V., TD et TP Thermodynamique, Statistiques, Pratiques numériques, SO.

Masse P., TD Mécanique L3 et TP Éléments finis M1, Polytechnique, TD Mécanique L1, Sorbonne Université.

Noisternig M., atelier sur la spatialisation sonore, université Bauhaus de Weimar, 31 janvier et 1<sup>er</sup> février 2020.

Noisternig M., cours « Scénographie sonore », Master M2 composition/design sonore, Haute école d'art de Zurich (ZHdK), décembre 2020.

Noisternig M., cours Spatial Audio Technologies/Room Acoustics Modeling, M2 ISI, Sorbonne Université, 4 et 26 novembre 2020.

Noisternig M., cours sur la spatialisation sonore, École supérieure d'art et de design TALM-Le Mans (ESAD TALM), novembre 2020.

Noisternig M., Keynote et table ronde sur la spatialisation sonore, Forum Ircam Taipei, 7 décembre 2020.

Poirier-Quinot D., TP Réalité virtuelle, M2 ISI, Sorbonne Université, novembre-décembre 2020.

Schütz N., Action pédagogique : intervention dans le cadre du Masterclass « Aesthetics and Practice: Spatial Tendencies », université de Greenwich (Master Studies Digital Arts).

Schütz N., Action pédagogique : réalisation d'un workshop de 2 jours pour les étudiants Master of Arts in Public Spheres, dans le cadre du programme « Sound Study Days » à l'EDHEA (École de design et haute école d'art du Valais Sierre, Suisse).

Schütz N., Mastering hors du studio, Mastering outside the studio (5/5): Nadine Schütz. Blog contribution, Ircam Actualités/Ircam Newsletter 2020.

Warusfel O., Resp. UE Réalité virtuelle, M2 ISI, Sorbonne Université.

#### ■ Comités et expertises

Carpentier T. :

- Revue d'articles : *AES Journal*, SMC (Sound & Music Computing Conf.), DAFx (International Conf. on Digital Audio Effects), WAC (Web Audio Conf.).
- Jury pour compétition de mixage 3D : S3DAPC (Student 3D Audio Production Competition).
- Rapporteur de Master ATIAM Ircam.

Noisternig M. :

- Council Member, Technical Committee on Audio Signal Processing, European Acoustics Association (EAA).
- Co-chair of the Working Group on Audio File Transfer and Exchange (SC-02-08) of the AES Standardisation Committee.
- Revues d'articles : *Acta Acustica united with Acustica*, *Applied Acoustics*, *IEEE Transactions on Audio Signal Processing*, *Journal of the Audio Engineering Society*, *Journal of the Acoustical Society of America*, Int. Conferences of the Audio Engineering Society, Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx), Web Audio Conference (WAC).
- Comité de suivi de thèse de P. Del Moro, Sorbonne Université.
- Rapporteur de thèse de C. Armstrong, York University, UK.
- Rapporteur de Master ATIAM Ircam.

Poirier-Quinot D. :

- Revues d'articles : *Audio Engineering Society (AES)*, *Journal of the Audio Engineering Society (JAES)*, *Journal on Multimodal User Interface (JMUI)*, *Applied Sciences*, Web Audio Conference (WAC).

Schütz N. :

- Comité de suivi de thèse de V. Fraisse : « Improving Quality of Urban Soundscapes Through Sound Installations ».
- Jury du concours d'étudiants « 2068 – Place au son ! », organisé par la Semaine du son de l'Unesco.

Viaud-Delmon I. :

- Expertise propositions de projets : Commission européenne, ANRT.

Warusfel O. :

- Expertises pour l'ANR.
- Revues d'articles : *Journal on Multimodal User Interfaces (JMUI)*, Web Audio Conference (WAC), VirtualReality.
- Rapporteur de thèse de S. Ghorbal, Supelec, COMUE Université Bretagne Loire.
- Comité de suivi de thèse de J. Najnudel, M2 ATIAM, SU.
- Membre du bureau de la Société française d'acoustique.

#### ■ Articles de presse et radios

Emerit S., Warusfel O., Tournage documentaire ARTE sur l'étude acoustique du temple de Dendara.

## PUBLICATIONS ÉQUIPE INTERACTIONS SON MUSIQUE MOUVEMENT (ISMM)

#### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

- Boyer É., Bevilacqua F., Guigon E., Hanneton S., Roby-Brami A., « Modulation of ellipses drawing by sonification », *Experimental Brain Research*, Springer Verlag, 2020, 238 (4), p. 1011-1024, <10.1007/s00221-020-05770-6>, <hal-02865868>.
- Caramiaux B., Françoise J., Liu W., Sanchez T., Bevilacqua F., « Machine Learning Approaches For Motor Learning: A Short Review », *Frontiers in Computer Science*, 2 (2020): 16.
- Matuszewski B., « A Web-Based Framework for Distributed Music System Research and Creation », *AES - Journal of the Audio Engineering Society*, Audio Engineering Society Inc, 2020.
- Peyre I., Hanna-Boutros B., Lackmy-Vallée A., Kemlin C., Bayen E., Pradat-Diehl P., Marchand-Pauvert V., « Music restores proprioceptive excitation during stroke locomotion », *Frontiers in Systems Neuroscience*, 2020.

### ■ Communications avec actes dans un congrès international

- Liu W., Gori J., Rioul O., Beaudouin-Lafon M., Guiard Y., « How Relevant is Hick's Law for HCI? », Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI20), Association for Computing Machinery, New York, États-Unis, 1-11, DOI: <https://doi.org/10.1145/3313831.3376878>; <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02867301/document>
- Schwarz D., Liu W., Bevilacqua F., « A Survey on the Use of 2D Touch Interfaces for Musical Expression », New Interfaces for Musical Expression (NIME), 2020, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02557522/document>

### ■ Communications par affiche dans un congrès international ou national

- Matuszewski B., [poly] « A Distributed and Interactive Sound Installation Based on Tangible Autonomous Agents », 1st IEEE International Workshop on the Internet of Sounds, 7 septembre 2020.
- Peyre I., Bevilacqua F., Caramiaux B., Marchand-Pauvert V., Roby-Brami A., Pradat-Diehl P., « Explore gesture-sound coupling for upper-limb rehabilitation », 11th World Congress of NeuroRehabilitation, 2020, Session ePoster: Virtual reality/augmented reality (P0986).

### ■ Conférences invitées dans des congrès nationaux et internationaux

- Bevilacqua F., Forum Vertigo Ircam Centre Pompidou, table ronde « Dance: Between Living and Artificial », 27 février 2020.
- Liu W., ACM CHI 2020 workshop, « Motor Memory in HCI » (online).
- Liu W., Invited talk at Exertion Games lab, université Monash, Australie (online).

### ■ Chapitre d'ouvrage

- Voillot M., Bevilacqua F., Chevrier J., « Le corps au cœur de l'apprentissage. Exploration d'un nouveau paradigme pour l'éducation à la petite enfance », in Tessier L., Saint-Martin A., *Les dossiers de l'écran. Controverses, paniques morales et usages éducatifs des écrans*, Éditions du croquant, p. 85-97, 2019. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03115282>

### ■ Thèses, mémoires et travaux universitaires

- Matuszewski B., « Systèmes musicaux distribués et technologies Web – Motivations, design et implémentation d'un système expérimental », thèse de doctorat pour le grade de docteur en Esthétique, science et technologie des arts, université Paris 8, sous la direction d'A. Sèdes.
- Paredes V., « Movement sonification for sensorimotor learning », rapport de stage Master 2 ATIAM, Sorbonne Université, 2020 (encadrant F. Bevilacqua).
- Rodriguez-de la Nava L., « Système d'auto-rééducation guidé par le son et la musique », rapport de stage Master 2 ATIAM (encadrants F. Bevilacqua, I. Peyre, B. Matuszewski).

### ■ Articles de presse et radios

- Bevilacqua F., Matuszewski B., Étales ta science, épisode 4: Musique et sciences participatives, Radio Campus France, Production Anna Péan, <https://soundcloud.com/radiocampus/musique-et-sciences-participatives-etale-ta-science-ep4>
- Voillot M., Étales ta science, Épisode 3: Design et sciences participatives, Radio Campus France, Production Anna Péan, <https://soundcloud.com/radiocampus/design-et-sciences-participatives-etale-ta-science-ep3>

### ■ Expositions et diffusion des connaissances

- Bevilacqua F., cours post-Master AIMove, Mines Paris Tech, 6-10, 30 janvier 2020.
- Bevilacqua F., Schwarz D., cours Ircam-NYU, 24 janvier 2020.
- Exposition des dispositifs Coloop et Mini Coloop, « Designer(s) du Design », 16 septembre-15 novembre 2020, Le Tripostal, Lille.
- Magalhaes A. M., Matuszewski B., Bevilacqua F., présentations du projet *Constella(c)tions*, STARTS Residencies, Le CENTQUATRE-PARIS, 27-28 février 2020.
- M2 UE Psychopathologie et pratiques en arts-thérapies, « Relaxation psycho-musicale – Atelier expérimental », 1<sup>er</sup> septembre 2020; « Relaxation psycho-musicale – Revue de la littérature », 9 septembre 2020.
- Peyre I., cours Master Santé Sorbonne Université, M1 UE Neurosensorielles, « Musicothérapie, handicap moteur et neurosensoriel », 28 février 2020.
- Peyre I., cours Master Création artistique, université de Paris, M1 UE Corps et arts-thérapies, « Son, oreille, physiologie et physiopathologie de l'audition », 14 avril 2020, « Les amusies », 17 avril 2020.
- Peyre I., cours ADERE – Sorbonne Université, L2-L3 Co-responsable UE Initiation à la méthodologie de recherche, 5 et 26 février 2020, 25 mars 2020, 6 mai 2020, 7, 18, 21 septembre 2020, 14 octobre 2020.
- Peyre I., cycle de conférences en ligne « La Pensée en mouvement » Saison 2, Institut de Musicothérapie de Nantes, « Médecine physique et réadaptation : perspectives en musicothérapie », 28 novembre 2020.

### ■ Organisation de colloques

- Bevilacqua F., MOCO conference, Practice Works Committee 2020.
- Bevilacqua F., Movement and Computing, Steering Committee.
- Colloque Féminisme – Musique – Technologie, 20 juin, Ircam (annulé).
- Liu W., ACM CHI 2021, associate chair.
- Schraefel M.C., Andres J., Tabor A., Bateman S., Liu W., Jones M., Kunze K., Murnane E., Bateman S., Villa S., « Body As Starting Point 4: Inbodied Interaction Design for Health Ownership », in CHI 2021 – The ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 8-13 mai 2021, Yokohama. ACM, New York, NY, USA, 10 pages. <https://doi.org/10.1145/1142418.39246> (à paraître).

van Rheden V., Grah T., Meschtscherjakov A., Patibanda R., Liu W., Daiber F., van den Hoven E. and 'Floyd' Mueller F., « Out of Your Mind!? Embodied Interaction in Sports », in CHI 2021 – The ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 8-13 mai 2021, Yokohama. ACM, New York, NY, USA, 9 pages. <https://doi.org/10.1145/1122445.11224> (à paraître).

#### ■ Jury de thèses, expertise et revues d'articles

Bevilacqua F., rapporteur dans la thèse de T. Chabin, université de Bourgogne-Franche Comté; directeur de thèse de B. Matuszewski, université Paris 8; examinateur de la thèse de S. Goto, université Paris 8; revue d'articles, ACM CHI 2021, ACM UIST 2020.

Liu W., revues d'articles, ACM UIST 2020 (1), ACM IUI 2020 (1), ACM DIS 2020 (1), ACM CHI 2020 (3), ACM CSCW 2021 (1), ACM CHI 2021 étant associate chair (20), NIME 2021 (2).

Matuszewski B., revues d'articles, JAES, SMC, IWIS.

Schwarz D., examinateur de la thèse de H. von Coler, TU Berlin; expertise auprès du NSERC (Natural sciences and engineering research council Canada) discovery grant; revues d'articles, ACM VR, ACM CHI, CSMC/MuMe, SMC, ICMC, NIME.

### PUBLICATIONS ÉQUIPE PERCEPTION ET DESIGN SONORES

#### ■ Revues à comité de lecture

Arias P., Rachman L., Liuni M., Aucouturier J.-J., « Beyond Correlation: Acoustic Transformation Methods for the Experimental Study of Emotional Voice and Speech », *Emotion Review*, 1-13, 2020. [hal-02907502]

Arias P., Soladié C., Bouafif O., Roebel A., Séguier R., Aucouturier J.-J., « Realistic manipulation of facial and vocal smiles in real-world video streams », *IEEE Transactions on Affective Computing*, vol. 11(3), 2020. [hal-01712834]

Goupil L., Johansson P., Hall L., Aucouturier J.-J., « Vocal signals only impact speakers' own emotions when they are self-attributed », *Consciousness & Cognition*, vol. 88, 2021 (103072). [hal-03108575v1]

Goupil L., Ponsot E., Richardson D., Reyes G., Aucouturier J.-J., « Listeners perception of certainty and honesty of another speaker is associated with a common prosodic signature », *Nature Communications*, 2021. [hal-03137427]

Goupil L., Wolf T., Saint-Germier P., Aucouturier J.-J., Canonne C., « Emergent Shared Intentions Support Coordination During Collective Musical Improvisations », *Cognitive Science*, vol. 45, 2021. doi 10.1111/cogs.12932 [hal-03088074v1]

Liuni M., Ponsot E., Bryant G., Aucouturier J.-J., « Sound context modulates perceived vocal emotion », *Behavioural Processes*, vol. 172, 2020, 104042. [hal-02462759]

Susini P., Jibodh-Jiaouan S., Brunet E., Houix O., Ponsot E., « Auditory local-global temporal processing: Evidence for perceptual reorganization with musical expertise », *Scientific Reports*, 10 (16390), 2020. [hal-02957138v1]

Wollman I., Arias P., Aucouturier J.-J., Morillon B., « Neural entrainment to music is sensitive to melodic spectral complexity », *Journal of Neurophysiology*, 123 (3), 2020, 1063-1071. [hal-02475989]

#### ■ Communications dans un colloque national ou international

Ayari M., « Analyse systématique de la performance par le biais d'une modélisation informatique d'inspiration cognitive », article paru en 2020 dans les Actes du IX<sup>e</sup> congrès européen d'Analyse musicale (IX<sup>e</sup> CEAM – EUROMAC 9), organisé par le GREAM, SFAM, IReMus et l'ensemble des sociétés européennes d'analyse musicale: OTM, VvM, GMTH, GATM, PTAM, SBAM, université de Strasbourg, juin 2017. [hal-01709273v1]

Ayari M., « Un modèle d'étude des phénomènes sémantiques et psychologiques dans les musiques de tradition orale », in Couprie P., Freund-Lehmann A., Hascher H. et Hérol N. (dir.), Actes du IX<sup>e</sup> congrès européen d'Analyse musicale, le laboratoire d'excellence GREAM (Groupe de recherches expérimentales sur l'acte musical) de l'université de Strasbourg, 2020. [hal-02468347v1]

Ayari M., « La notion de modèle dans l'activité analytique en musicologie », article paru en 2020 dans les Actes du Congrès international de Sousse: « Musique et nouvelles technologies: Quels enjeux? » Congrès organisé par le Centre des musiques arabes et méditerranéennes (CMAM) et l'Institut supérieur de musique de Sousse (ISMS), les 20 et 21 avril 2018. [hal-02468368v1]

Rosi V., Houix O., Misdariis N., Susini P. (2020b, décembre), « Uncovering the Meaning of Four Semantic Attributes of Sound: Bright, Rough, Round and Warm », e-Forum Acusticum 2020. [hal-03016066]

Rosi V., Houix O., Misdariis N., Susini P. (2020a), « Uncovering the meaning of four semantic attributes of sound: Bright, Warm, Round and Rough Interviews with sound experts ». [hal-03016038]

Susini P., Houix O. (2020, décembre), « Influence of loudness on sound categorization and recognition », e-Forum Acusticum 2020. [hal-03011608]

Susini P., Jibodh-Jiaouan S., Houix O., Ponsot E. (2020, décembre), « Global-local temporal auditory processing: Reorganization with musical training and interindividual differences », e-Forum Acusticum 2020. [hal-03011565]

#### ■ Ouvrages et chapitres d'ouvrages

Ayari M., « Michel Imberty: quelques réflexions sur les études des significations expressives en musique », in Ayari M. et Chouvel J.-M. (dir.), *Michel Imberty: la psychologie de la musique au-delà des sciences cognitives*, Delatour-France, coll. « Culture et Cognition Musicales », n° 5, 2021, p. 185-204. [hal-02468274v1]

Ayari M., *L'écoute comme phénomène culturel: essai de psychologie cognitive*, Éditions Ennejsma Ezzahra, Centre des musiques arabes et méditerranéennes (CMAM), ministère des Affaires Culturelles, Tunisie, en relecture (à paraître en 2021). [hal-01709286v1]

Misdariis N., Hug D., « Sound Design Methodologies: Between Artistic Inspiration and Academic Perspiration », in Bull M., Cobussen M. (Eds.), (2020), *The Bloomsbury Handbook of Sonic Methodologies*, Bloomsbury Publishing USA. [hal-03139584v1]

#### ■ Direction d'ouvrage collectif

Ayari M., Chouvel J.-M., *Michel Imbert: la psychologie de la musique au-delà des sciences cognitives*, Delatour-France, 2020. [hal-02468266v1]

### PUBLICATIONS ÉQUIPE REPRÉSENTATIONS MUSICALES (REPMUS)

#### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

Andreatta M., Amiot E., Yust J. (Eds.), Special Issue « Geometry and Topology in Music », *Journal of Mathematics and Music*, vol. 14, n° 2, 2020. hal-03031203v1

Assayag G., « Co-créativité humains-machines, Une réflexion sur les disciplines symboliques », *Revue francophone d'informatique et musique*, n° 7-8 « Culture du code », 2020, <https://revues.mshparisnord.fr:443/rfim/index.php?id=611>

Esling P., Masuda N., Bardet A., Despres R., Chemla--Romeu-Santos A., « FlowSynthesizer: Universal audio synthesizer control with normalizing flows », *Applied Sciences*, 10 (1), 302, 2020.

Fernandez J.-M., Giavitto J.-L., « Une codynamique formelle », *Culture et recherche*, ministère de la Culture, 2020, p. 58-59.

Migliore O., Obin N., Bresson J., « Outils et méthodes de transcription pour l'analyse de l'interprétation vocale dans le rap : l'exemple d'IAM Concept », *Musimédiane: revue audiovisuelle et multimédia d'analyse musicale*, 11, Société française d'analyse musicale, 2020.

Moreno Andreatta (dir.), « Musique savante/musiques actuelles : articulations », numéro spécial de la revue *Musimédiane*, n° 11, 2020. Contributions de Fabbri F., Meeüs N., Seress H., Baroin G., Gioni A., Conti J., Saboga T., Soulez A., Levoux C., Gonin P., Chabot-Canet C., Migliore O., Obin N., Bresson J. <https://www.musimediane.com/numero-11/>

Ruiz-Blais S., Orini M., Chew E., « Heart rate variability synchronises when non-experts vocalize together », *Frontiers of Physiology*, 11: 762, 2020. doi: 10.3389/fphys.2020.00762. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2020.00762>

#### ■ Communications avec actes dans un congrès international

Bitton A., Esling P., Harada T., « Vector-Quantized Timbre Representation », International Computer Music Conference, ICMC 2020.

Bloch G., Nika J., Barrois Q., « Synthèse concaténative et image: DYCI2 et OMax-Vidéo », in Hérold N., Guichaoua C., Mays T., Acte musical et environnements informatiques : actes des Journées d'informatique musicale 2020 (JIM 2020), université de Strasbourg/Faculté des Arts, Strasbourg, 2020.

Caillon A., Bitton A., Gatinet B., Esling P., « Timbre latent space: exploration and creative aspects », 2nd International Conference on TIMBRE, 2020.

Chemla--Romeu-Santos A., Ntalampiras S., Esling P., Haus G., Assayag G., « Cross-modal variational inference for bijective signal-symbol translation », in Proceedings of the 23rd International Conference on Digital Audio Effects (DAFx-20).

Chew E., Taggart P., Lambiasi P., « Cardiac Response to Live Music Performance: Effect of Large-scale Musical Structure on Action Potential Duration », in Proceedings of the European Heart Rhythm Association (EHRA), Vienne, Autriche, 29-31 mars 2020, and EHRA Essentials 4 You, mai 2020, Mirror site: [cosmos.ircam.fr/?p=1269](https://cosmos.ircam.fr/?p=1269)

Esling P., Bazin T., Bitton A., Carsault T., Devis N., « Ultra-light deep MIR by trimming lottery tickets », International Society for Music Information Retrieval (ISMIR 2020).

Esling P., Devis N., « Creativity in the era of artificial intelligence », Keynote paper, Journées d'informatique musicale JIM 2020, arXiv:2008.05959 [cs.CY], 13 août 2020.

Esling P., Devis N., Bitton A., Caillon A., Douwes C., « Diet deep generative audio models with structured lottery », Digital Audio Conference (DaFx-20), 2020.

Giavitto J.-L., « Man-Machine Synchronization with Antesco », Third International TRANSIT workshop on Cross-disciplinary Research (TWCR2020): Dynamics on and of Networks, mars 2020, Sheffield, Royaume-Uni.

Karystinaios E., Guichaoua C., Andreatta M., Bigo L., Bloch I., « Music Genre Descriptor for Classification based on Tonnetz Trajectories », in Hérold N., Guichaoua C., Mays T., Acte musical et environnements informatiques : actes des Journées d'informatique musicale 2020 (JIM 2020), université de Strasbourg/Faculté des Arts, Strasbourg, 2020.

Kawai L., Esling P., Harada T., « Attributes-aware deep music transformation », International Society for Music Information Retrieval (ISMIR 2020).

Malt M., Sluchin B., « Geometric Notation for Time-Bracket works, application and performance, The case of John Cage's Music for », TENOR Conference 2020 (delayed to 2021).

Sluchin B., Malt M., « Geometric-Based Extensions to the Time-Brackets Notation: John Cage and beyond », JIM 2020 (Journées d'informatique musicale), Strasbourg.

Vinjar A., Bresson J., « OM-AI: A Toolkit to Support AI-Based Computer-Assisted Composition Workflows in OpenMusic », Sound and Music Computing conference (SMC'18), Malaga, Espagne, 2019.

Wang C., Lostanlen V., Benetos E., Chew E., « Playing Technique Recognition by Joint Time-Frequency Scattering », in Proceedings of the 45th International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), Barcelone, Espagne, 4-8 mai 2020.



### ■ Ouvrages, actes et chapitres d'ouvrages

- Andreatta M., « On Two Computational Models of the Pitch-Rhythm Correspondence. A Focus on Milton Babbitt's and Iannis Xenakis's Theoretical Constructions », in Aydintan M., Edler F., Graybill R., Krämer L. (eds.), *Gegliederte Zeit*, 15, « Jahreskongress der Gesellschaft für Musiktheorie Berlin 2015 », OLMS-Weidmann, p. 249-259, 2020.
- Chew E., « On Making Music with Heartbeats », in Miranda E. (ed.), *Handbook of Artificial Intelligence for Music*, chap. 9, Springer: Cham, Suisse, 2020. [hal.archives-ouvertes.fr/hal-03081561](http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03081561)
- Giavitto J.-L., « Formalisme, Exactitude, Rigueur », in Drouin G., Paul T., Rémy B., Schmidt M., *Rigueur*, Spartacus Paris, 2020.

### ■ Thèses, mémoires et travaux universitaires

- Borg J., « Dynamic Classification Models for Human-Machine Improvisation and Composition », Master 2 Sound and Music Computing, dir. Assayag G., Serafin S., Aalborg University, Copenhague, juillet 2020.
- Borsoni T., « Application du transport optimal aux transitions musicales », stage Master 2 Mathématiques de la modélisation, Sorbonne Université, 2020.
- Carsault T., « Introduction de connaissances musicales et analyse qualitative pour les tâches d'extraction et de prédiction d'accords par apprentissage machine », thèse de doctorat, dir. Assayag G., Nika J., Esling P.
- Chemla--Romeu-Santos A., « Manifold-based representations of musical signals and construction of generative spaces », thèse de doctorat, dir. Esling P., Haus G., université de Milan/Sorbonne Université.
- Devis N., « Lightweight deep audio synthesis by trimming lottery tickets », Master thesis, dir. Esling P.
- Golvat T., « Analyser et modéliser les interactions musicales improvisées », Master 2 ATIAM, codir. Cannone C., Assayag G., Nika J., 2020.
- Gupta M., « Multi-Step Chord Prediction: Neural Network-Enabled Chord Progressions with MLP and LSTM Architectures », stage de recherche, codir. Carsault T., Nika J., Columbia University.
- Gupta M., « Musical Markov Chains: Applied Stochastics in Music », stage de recherche, dir. Malt M., Columbia University, juillet 2020.
- Haddad K., « L'Unité temporelle: une approche pour l'écriture de la durée et de sa quantification », thèse Sorbonne Université, novembre 2020.
- Karistoneos M., « Musical Style Classification: Topological Tools for Machine Learning », Master 2 Logique mathématique, codir. Bloch I., Guichaoua C. et Andreatta M., université Paris Diderot/université de Strasbourg, avril-juillet 2019 et 2020.
- Narboni N., « Le module d'improvisation algorithmique interactif dans les performances de musique Techno », Master 2 École nationale supérieure Louis Lumière, codir. Rouchouse J., Nika J.
- Pope V., « That's What She Said: A computational approach to analysing structure and timing in stand-up comedy », PhD disserta-

tion, School of Electronic Engineering and Computer Science, QMUL, Londres, 2020.

- Rixte A., « Théorie des catégories pour l'analyse et la composition musicale », stage Master ATIAM, Sorbonne Université, 2020.
- Romero G., « Transcription and Characterization of Rhythms for Musical Performance and Arrhythmia Sequences », MSc dissertation, ATIAM Program, Ircam, 2020.
- Yang S., « Understanding Agreement and Disagreement in Listeners' Perceived Emotion in Live Music Performance », PhD dissertation, School of Electronic Engineering and Computer Science, QMUL, Londres, 2020.

### ■ Articles de vulgarisation, articles de presse et interventions dans la presse, radio, Internet

- Assayag G., « La musique en bonne intelligence (artificielle) », *Libération*, 14 mars 2020, interview par Pascal Bertin.
- Chew E., « COSMOS YouTube Channel », 2019, <http://bit.ly/COSMOS-YouTube>
- Chew E., « Little Etudes » for World Heart Rhythm Week, 1-7 juin 2020, [bit.ly/LittleEtudes-WHRW2020%20](http://bit.ly/LittleEtudes-WHRW2020%20)
- Chew E., Bedoya D., Lambiase P., « Little Etudes » for Ars Electronica and World Heart Day, 12 septembre 2020, [youtu.be/42TRIL9MeOA](https://youtu.be/42TRIL9MeOA)
- Chew E., d'Andrea-Novel B., « Londonderry Air » for World Piano Day, 28 mars 2020, [youtu.be/IR\\_WNYQjXdw](https://youtu.be/IR_WNYQjXdw)
- Esling P., « L'IA fait de plus en plus entendre sa musique », *Data Analytics Post*, <https://dataanalyticspost.com/lia-fait-de-plus-en-plus-entendre-sa-musique/>
- Esling P., « Les ordinateurs remplaceront-ils les artistes », *Xenius, Arte*, <https://www.arte.tv/fr/videos/086129-015-A/xenius-les-ordinateurs-replaceront-ils-les-artistes>
- Esling P., « Recherche : vers une intelligence artificielle plus frugale », *L'Express*, 4 octobre 2020.
- Herremans D., Chew E., « Eine Neue Für Elise » for Beethoven250 and Herremans' DMRN Keynote, 15 décembre 2020, [youtu.be/4j72T4tDCrk](https://youtu.be/4j72T4tDCrk)
- Nika J., « L'intelligence artificielle, la musique du futur ? », interviews croisées avec Hugues Vinet et Douglas Eck (Google Magenta) par Mathilde Blayo ([https://www.lalettredumusicien.fr/s/articles/6398\\_0\\_lintelligence-artificielle-la-musique-du-futur](https://www.lalettredumusicien.fr/s/articles/6398_0_lintelligence-artificielle-la-musique-du-futur)), mars 2020.

### ■ Conférences invitées, séminaires, communications

- Andreatta M., « Analyzing consonance and dissonance more geometrico: an introduction to the Generalized Tonnetz and its perceptual implications », DiMMI (Dizionario Musicale Multidisciplinare Integrato), université de Trento/conservatoire de Trento et Riva del Garda, 27 novembre 2020.
- Andreatta M., « Processes and techniques of "mathemusal" learning: how to teach maths through music via computer science », Symposium MusMat 2020, 8-12 décembre 2020.
- Assayag G., « Co-creativity and Symbolic Interaction », Spotlight Presentation, CSMC + MuMe 2020: 2020 Joint Conference

- on AI Music Creativity, KTH and KMH, Stockholm, Suède, 21-24 octobre 2020.
- Assayag G., « The REACH project: Raising co-crEativity in Cyber-Human musicianship », conférence invitée au séminaire du JFLI (Japan French Lab. of Informatics), Tokyo University, 27 février 2020.
- Assayag G., Conférence invitée, « Travaux de l'équipe RepMus et du laboratoire STMS », Forum des sciences cognitives, Lab Pitches Program, 25 avril 2020.
- Blondeau S., Bedrossian F., Giavitto J.-L., « Intelligence artificielle, la musique du futur ? », débat animé par Gervais S., France Musique, Carrefour de la création, première diffusion le 29 novembre 2020.
- Carsault T., présentation « Recherche au sein de l'équipe Représentations musicales/ACIDS » organisée à l'université de Kyoto, en présence de Bitton A., Esling P., Yoshii K., 12 février 2020.
- Carsault T., table ronde « Intelligence artificielle, musique et interactions hommes-machines » organisée à l'université de Tokyo par Tatsuya Harada, en présence de Yoshii K., Esling P., Assayag G., 13 mars 2020.
- Chew E., « Arrhythmicity in Performed Music and Pathologic Heart Rhythms », Seminars on the occasion of Emma Frid's PhD defense, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Suède, 9 janvier 2020.
- Chew E., « Cardiac Response to Live Music Performance: Effect of Large-scale Musical Structure on Action Potential Duration », European Heart Rhythm Association (EHRA), Essentials 4 You, European Society of Cardiology, (presentation PD Lambiase, vidéo), 14 mai 2020.
- Chew E., « Demystifying AI with Music », panel moderated by Röder M., other speakers: Viola R., van der Smagt P., Ars Electronica, Linz, Autriche (vidéo), 13 septembre 2020.
- Chew E., « Emergent Mathematical Structures in Musical Creativity and Cardiac Arrhythmias », Colloquium Polaris, Algomus Team, université de Lille (reporté pour Covid).
- Chew E., « Emergent Mathematical Structures in Musical Creativity and Cardiac Arrhythmias », Kings College, Londres, 13 février 2020.
- Chew E., « Frontiers in Music and Artificial Intelligence », MusicxAI panel moderator, speakers: Esling P., Herremans D., Ars Electronica 2020: in Kepler's Garden, Linz, Autriche (vidéo), 9-13 septembre 2020.
- Chew E., « Little Etudes: Arrhythmia and Music », Burchard Scholars Forum, School of Humanities, Arts and Social Sciences, MIT, Cambridge, Massachusetts, USA (vidéo), 18 novembre 2020.
- Chew E., « Little Etudes: Short piano pieces based on cardiac electrophysiology aberrations », Ars Electronica Performance 2020: in Kepler's Garden, Linz, Autriche (vidéo), 9-13 septembre 2020.
- Chew E., « Music and Arrhythmia », Music and Auditory Research Laboratory (MARL), Talk Series, New York University, USA (vidéo), 18 novembre 2020.
- Chew E., « Musical Structures, Performances, and Arrhythmias », Centre for Complexity Science, Imperial College, Londres (reporté pour Covid).
- Chew E., « Musical Structures, Performances, and Arrhythmias », Institut de recherche et coordination acoustique/musique, Paris, 15 janvier 2020.
- Chew E., « Performances with Machines », panel moderated by Giavitto J.-L., other speakers: Nika J., Levy B., Leslie G., Ghisi D., All Watched Over By Machines of Loving Grace, France-Atlanta, Ircam, Paris (vidéo), 15 octobre 2020.
- Chew E., « The Future Artificial Musician », panel organized by Ben-Tal O., other speakers: Simoni M., d'Inverno M., Verma P., Joint Conference on AI Music Creativity, Stockholm, Suède (vidéo), 22 octobre 2020.
- Chew E., WiMIR « notable women in MIR » breakout sessions, International Conference of the Society on Music Information Retrieval, Montréal (vidéo), 14 octobre 2020.
- Esling P., « AI in 64Kb », Workshop lecture, ARS Electronica 2020.
- Esling P., « Artificial creative intelligence and generative representation learning », ARS Electronica Festival, Linz, Autriche.
- Esling P., « Artificial creative intelligence and generative representation learning », Keynote Speaker, RIKEN AI Center, Tokyo.
- Esling P., « Creativity and artificial intelligence », Keynote lecture, DMRN 2020.
- Esling P., « Creativity at the era of artificial intelligence », Keynote lecture, JIM 2020.
- Esling P., « Directions for the future of artificial creativity », Unesco Conference on AI, Paris.
- Esling P., « Variational inference and generative models for musical improvisation Native Instruments », TU Berlin, Allemagne.
- Fernandez J. M., « AntesCollider », présentation aux Rencontres nationales de recherche en musique, octobre 2020.
- Fernandez J. M., Cours d'informatique musicale et composition à Geidai University de Tokyo, novembre 2020 (annulé).
- Fouilleul M., « Fondations pour un middleware temporel adapté au spectacle vivant », Journées d'informatique musicale (JIM 2020), 26-28 octobre 2020, Strasbourg.
- Fouilleul M., « Un middleware temporel pour le show control », séminaire invité au D-Labs, Paris.
- Giavitto J.-L., « Machines of Loving Grace » (organisation et animation), webinaires Working Creatively with Machines et Performances with Machines, organized a with STMS and Ircam US partners, the French embassy and the French consulate at Atlanta.
- Malt M., « Dynamic Systems, a Model for Musical Composition? », NICS, université de Campinas, São Paulo, Brésil, par visioconférence, 27 mai 2020.
- Malt M., « Introduction aux descripteurs audio », séminaire à l'intention des étudiants de composition de l'université de Brasília (classe du professeur Catanzaro T.), 13 juillet 2020.
- Malt M., « Khorwa-Myalwa, from symbols to musical writing, collaboration as a process », in IV Jornadas de Músicas Mistras da UFRJ, Rio de Janeiro, Brésil, 4 juin 2020.

Malt M., « La poésie concrète brésilienne, dans le cadre de l'académie de composition "Voz e matéria" », avec l'ensemble Offrande, Le Mans, 28 mars 2020.

Malt M., « Les modèles en composition musicale », séminaire dans le cadre de MUSITEC2, II séminaire de musique et technologie : invention musicale et environnements de programmation, conférence brésilienne inter-institutionnelle (CEMCPC, Ircam, UFJF, UFMG, UFMS, UFRJ, UnB, UNICAMP, UNIRIO et USP), 16 novembre 2020, <https://sites.google.com/view/musitec2/in%C3%ADcio>

Nika J., présentation invitée « DYCI2 library: interpreting at the scale of intention, composing at the scale of narrative » (Skype), Tokyo University of the Arts, Max summer school in Geidai, 6 août 2020.

Nika J., table ronde « Comment j'ai augmenté mon geste créatif grâce à l'intelligence artificielle » organisée par l'ENS Louis Lumière, Gaité Lyrique, 26 février 2020.

Nika J., table ronde « Générativité musicale » organisée par l'Ircam dans le cadre du Forum Vertigo. Animation H. Vinet, avec Eck D., Gee E., Lorusso G., Rudi A., Nika J., Schubert A., Centre Pompidou, 27 février 2020.

Nika J., table ronde « Performances with machines » organisée par l'Ircam dans le cadre du séminaire « France Atlanta 2020: Machines of Loving Grace », animation Giavitto J.-L., avec Nika J. (Ircam), Levy B. (Ircam), Leslie G. (Georgia Tech), Ghisi D. (compositeur), Chew E. (CNRS), 15 octobre 2020.

### ■ Organisation de colloques

FARM 2020: ACM SIGPLAN International Workshop on Functional Art, Music, Modelling and Design. Satellite workshop of ICFP, Jersey city, août 2020.

### ■ Service académique : comités, expertises, reviews, jurys

#### Comités de programme

Assayag G., SMC (Sound and Music Computing), JIM (Journées d'informatique musicale), ICMC (International Computer Music), TENOR Intl Conf. on Technologies for Music Notation and Representation, MCM Mathematics and Computation in Music, Multilayer Music Representation and Processing member of the scientific committee.

Giavitto J.-L., FARM 2020, JIM 2020, TENOR 2020.

Malt M., JIM 2020 (Journées d'informatique musicale).

Malt M., « Sheng! L'orgue à bouche », programme de recherche dans le cadre du Collegium Musicae, comité de pilotage.

Malt M., comité de pilotage du MUSITEC2, II séminaire de musique et technologie : invention musicale et environnements de programmation, conférence brésilienne inter-institutionnelle (CEMCPC, Ircam, UFJF, UFMG, UFMS, UFRJ, UnB, UNICAMP, UNIRIO et USP).

#### Comités éditoriaux, directions éditoriales

Andreatta M., co-dirige depuis 2006 (avec Bardez J.-M.) la collection « Musique/Sciences » éditée par Ircam et les Éditions Delatour.

Andreatta M., co-dirige depuis 2009 (avec Mazzola G.) la collection « Computational Music Science », Springer.

Andreatta M., membre (fondateur) du comité éditorial de *Journal of Mathematics and Music*, Taylor & Francis, depuis 2007.

Assayag G., membre (fondateur) du comité éditorial de *Journal of Mathematics and Music, Mathematical and Computational Approaches to Music Theory, Analysis, Composition and Performance, Official Journal of the Society for Mathematics and Computation in Music*, Taylor & Francis, depuis 2012.

Assayag G., membre du comité éditorial de *Journal of New Music Research*, Taylor & Francis, depuis 2012.

Chew E., Advisory Board, Springer book series on *Computational Music Science* (depuis 2017).

Chew E., Founding Associate Editor, *ACM Computers in Entertainment* (depuis 2002).

Chew E., Founding Associate Editor, *Journal of Music and Meaning* (depuis 2004).

Chew E., Founding Member, Editorial Board, *Journal of Mathematics and Music* (depuis 2004).

Chew E., membre de l'Editorial Advisory Board, *Computer Music Journal* (depuis 2016).

Chew E., membre de l'Editors' Panel, *Computing in Musicology* (depuis 2005).

Giavitto J.-L., membre de l'Advisory Board du journal *Membranes Computing*, Springer.

Malt M., membre du comité scientifique de la revue en ligne *Musimédiane* (depuis 2009).

#### Service académique

Agon C., directeur du département Master Informatique SU.

Agon C., membre de la commission des thèses et HDR, UFR Ingénierie.

Agon C., membre du jury de postes ATER, UFR Ingénierie SU, 2020.

Assayag G., membre fondateur du CA de l'AFIM, membre fondateur de la SMCM.

Chew E., Founding Member, Executive Board, Society for Mathematics and Computation in Music (depuis 2007).

Chew E., Member, Steering Committee, Computer Simulation of Musical Creativity Conference (depuis 2017).

Chew E., UK Computing Research Committee (depuis 2017).

Giavitto J.-L., conseil de l'école doctorale EDITE.

Giavitto J.-L., directeur-adjoint de l'UMR.

Giavitto J.-L., membre du conseil scientifique du GDR GPL.

Giavitto J.-L., membre externe du conseil de l'école doctorale EDSI Saclay.

Malt M., membre du comité de pilotage des JIMs, Journées d'informatique musicale.

#### Jurys

Agon C., président du jury de la thèse de Doras G. « Automatic Cover Songs Detection using Deep Learning », thèse de doctorat Sorbonne Université, décembre 2020.

- Agon C., président du jury de la thèse de Tellier D. « Aspects algorithmiques de l'optimisation multistage », thèse de doctorat Sorbonne Université, mai 2020.
- Andreatta M., rapporteur de la thèse de Haddad K. « L'unité temporelle : une approche pour l'écriture de la durée et de sa quantification » soutenue le 13 novembre 2020 à l'Ircam.
- Assayag G., membre du jury de la thèse de Carsault T. « Introduction of Musical Knowledge and Qualitative Analysis In Chord Extraction and Prediction Tasks With Machine Learning », décembre 2020.
- Assayag G., membre du jury de la thèse de Haddad K. « L'unité temporelle : une approche pour l'écriture de la durée et de sa quantification », Sorbonne Université, Ircam, 13 novembre 2020.
- Assayag G., président du jury de l'HDR de Verna D., « (Dynamic (Programming Paradigms)) Performance And Expressivity », EPITA/EDITE, 10 juillet 2020.
- Esling P., membre du jury de la thèse de Hadjeres G., « Deep learning for symbolic music generation », LIP6-Sony CSL.
- Giavitto J.-L., rapporteur sur la thèse de Archipoff S., LaBRI, décembre 2020.
- Giavitto J.-L., rapporteur sur la thèse de Petit-Heidelein B., INRIA Sophia-Antipolis, mai 2020.
- Review
- Nika J., Review for *Artificial Intelligence Journal*.
- **Création musicale en relation avec la recherche**
- Andreatta M., Math'n Pop à la Citadelle, Année des mathématiques, Amiens, 6 mars 2020 (avec la complicité de L. Mandeix).
- Assayag G., mixage, montage, mise en ligne des concerts et documentaires Improtech Paris – Athina 2019, filmés par Jeff Joly. @popmyfilm, <http://ikparisathina.ircam.fr/pages/visuals.html>
- Assayag G., sélection, mixage, montage des enregistrements de concerts et studio avec Lubat B. et les logiciels Omax et Somax de 2012 à 2019 pour le livre-disque *Artificiel, Expériences en improvisations cyber-humaines*, par Lubat B., Assayag G. et Chemillier M., à paraître chez Cristal Records dans la collection « Les Dialogiques d'Uzeste » en 2021.
- Bloch G., *Three ladies project*, G. Bloch et H. Sellin, concert « Speech », Festival ManiFeste, J. Nika conseiller scientifique, 15 octobre 2020.
- Chew E., Piano (with Introduction to arrhythmia research at Barts by P. Lambiase): Heart & Music @ Killian Hall, MIT, Cambridge, Massachusetts, USA, 17 novembre 2019, <https://mta.mit.edu/events/heart-and-music>
- Concerts prévus mais annulés en novembre 2020 : Saragosse (Espagne), Saarbrücken (Allemagne), ensemble Anatsu Miroir Strasbourg.
- Esling P., Schubert A. (P. Esling/ACIDS), Utilisation des systèmes de générations audio, commande Ircam.
- Fernandez J. M., concert *GeKiPe*, Perpignan, janvier 2020.
- Fernandez J. M., *Crossing Points* pour percussion, captation gestuelle et vidéo en temps réel, festival Facyl de Salamanque, Espagne, septembre 2020.
- Fernandez J. M., *Curvatura II*, concert anniversaire de l'Ensemble Vortex de Genève, janvier 2020.
- Fernandez J. M., Enregistrement de *Crossing Points* pour percussion, captation gestuelle et vidéo en temps réel au théâtre de l'Archipel à Perpignan, juillet 2020.
- Fernandez J. M., *Homotopy*, pièce pour percussion, capteurs et électronique temps réel, Columbia Global Center Paris, février 2020.
- Fernandez J. M., *Las Pintas*, pièce audio-visuelle avec R. Foulon (vidéo), concert Ircam Live, Centre Pompidou, mars 2020.
- Fernandez J. M., résidence avec la compagnie de théâtre Ultra à Lucerne, Suisse, pour le projet *Apesanteur* (conception, développement et mécatronique d'une machine avec 400 trappes pour faire tomber des objets sur la scène).
- Fouilleul M., Librairie pour le contrôle distribué utilisée dans la pièce *Un vaso de dicha*, créée à la Fondation Singer-Polignac. La librairie a été utilisée pour réaliser l'autoconfiguration du réseau, l'adressage et la distribution de messages OSC entre le séquenceur et les Raspberry Pi contrôlant des bras robotisés. Le dispositif a été repris pour la création de *La Selva Virgen, en la Selva Oscura*, prélude et interlude au *Chant de la Terre*. Dans ces deux pièces, les robots étaient contrôlés par un séquenceur MIDI et par un clavier maître, joués en direct avec des instrumentistes humains. Le service a été amélioré pour fournir une latence de jeu constante, indépendante de la position initiale du bras et du geste à réaliser. Ce dispositif a été décliné en une installation autonome dans le hall de la Fondation Singer-Polignac.
- La résidence STARTS « Cosmologies of the Concert Grand Piano » a réuni le compositeur A. Einbond avec le projet technique OM#/om-spat dirigé par J. Bresson avec D. Schwarz et T. Carpentier. Le projet relie pour la première fois les techniques d'analyse des descripteurs audio et de synthèse par corpus avec la spécialisation en utilisant l'ambisonique d'ordre supérieur et l'apprentissage machine, permettant à l'ordinateur de combiner les schémas de rayonnement mesurés des instruments acoustiques avec l'amplification 3D de l'intérieur du piano. Le résultat artistique, *Cosmologies pour piano et électronique 3D*, a été créé par le pianiste Alvisé Sinivia à Ircam LIVE dans la Grande Salle du Centre Pompidou le 5 mars 2020 avec l'assistance de Manuel Poletti, Lucas Bagnoli et Clément Cerles.
- Lévy B., Imbert R., soirée improvisation, Ircam, studio 5, carte blanche à K. Beffa, piano, R. Imbert, saxophone, B. Lévy, RIM, 23 octobre.
- Morciano L., *Embedding tangles* pour flûte et électronique, réalisation électronique Fernandez J. M., ensemble Court-Circuit, septembre 2020.
- Nika J., *C'est pour quoi*, installation de J. Nika (collaboration S. Lehman, R. Fox), exposition Panorama 22, Le Fresnoy – Studio national des arts contemporains, ouverture 15 octobre 2020.
- Nika J., *Misurgia Sisitallan*, installation de Vir Andres Hera (collaboration sound design et composition J. Nika), exposition Panorama 22, Le Fresnoy – Studio national des arts contemporains, ouverture 15 octobre 2020.

### ■ Résidences recherche création

Einbond A. (J. Bresson + collaboration ISMM et EAC), *Cosmologies of the Concert Grand Piano* (2019-2020), STARTS/Vertigo residencies.  
Gatinet B. (P. Esling + ANR MAKIMOno), *Using research in AI at ACIDS for musical orchestration* (2019-2020), Ircam Special track IA/Orchestration.

Imbert R., Lévy B., résidence «AI Swing! Analyser et improvisation/ Intelligence artificielle/Création et Interdisciplinarité».

Lorusso G. (P. Esling/ENS – A. Rudi), *Structured prediction for musical super-resolution control* (2019-2020), Ircam.

Malherbe C., Stroppa M., en résidence longue durée (compositeur invité) dans RepMus à partir de 2019.

Vinjar A. (J. Bresson), *Exploring AI techniques in CAC workflows* (2019-2020), Ircam.

### ■ Pédagogie

Agon C., enseignement comme professeur, Master informatique, Sorbonne Université.

Andreatta M., L3 Musiques actuelles, université de Strasbourg (Modèles computationnels dans la chanson).

Andreatta M., M2 ATIAM, UE fondamentaux pour ATIAM.

Esling P., L3 UPMC – Programmation React Native.

Esling P., L3 UPMC – Suivi en entreprise des étudiants alternants.

Esling P., M2 ATIAM – Insertion professionnelle.

Esling P., M2 ATIAM, UE Projet interdisciplinaire.

Giavitto J.-L., *Les représentations du temps en informatique musicale*, cursus Ircam.

Malt M., *Composition assistée par ordinateur, Formalisation musicale et synthèse sonore*, cursus Ircam.

Malt M., Master ATIAM, *Musicologie computationnelle* (UE fondamentaux pour ATIAM).

Nika J., cours dans le cadre de l'UE Environnements Immersifs de l'ENS Paris-Saclay, 12 novembre 2020.

### ■ Collaborations institutionnelles et projets collaboratifs

ACIDITEAM Artificial Creative Intelligence and Data Inference.  
Financement : Ville de Paris. Début : 01/01/20. Fin : 01/01/25.  
Porteur : Ircam et Univ. McGill. Référent interne : P. Esling.  
Équipe interne : RepMus. Financement labo : 300 000 €.

ACIMO Artificial Creative Intelligence for Musical Orchestration.  
Financement : Sorbonne Université. Début : 01/01/20. Fin : 31/12/21.  
Porteur : Ircam. Référent interne : P. Esling. Équipe interne : RepMus. Financement labo : 90 000 €.

ACTOR Analysis Creation and Teaching of Orchestration.  
Financement : NSERC. Début : 01/12/18. Fin : 31/12/25.  
Porteurs : McGill, Ircam. Référent interne : P. Esling. Équipe interne : RepMus. Financement labo : 250 000 €.

GaSP : une plateforme temps-réel «Geste – image – son» pour la Performance. Appel à projet du CNRS : 50 000 €.

MAKIMOno Multivariate Analysis and Knowledge Inference for Musical Orchestration, Financement ANR PRCI - NSERC.  
Début : 01/12/17. Fin : 01/12/20. Porteurs : Ircam et Univ. McGill. Référent interne : P. Esling. Équipe interne : RepMus. Financement labo : 390 000 €.

MERCI (Mixed Musical Reality with Creative Instruments), projet ANR coordonné par G. Assayag avec l'EHESS et la startup HyVibe, 01/01/2020-31/12/2022, 600 000 €.

Projet SMIR (Structural Music Information Research), axe permanent intégré à l'IRMA/université de Strasbourg et mené en collaboration avec l'Ircam, le GREAM, la HEAR-Conservatoire de Strasbourg, porteur M. Andreatta (avec les deux sous-projets ProAppMaMu, financement MITI-CNRS et SMIR2C, financement IDEX-Université de Strasbourg).

REACH (Raising co-crEativity in Cyber-Human musicianship) ERC Advanced Grant porté par G. Assayag, 01/01/2021-31/12/2025, 2,5 M€

SSHRC Partnership Development Grant «TENOR Network» (2018-2021), Concordia University (Montréal, CA), Anglia Ruskin University (UK), Grame (FR), Ircam (FR), Monash University (AUS), UC Berkeley (USA), University of Hamburg (DE), University of Liverpool (UK), University of Sussex (UK), University of Sydney (AUS), University of the West of England (UK).

## PUBLICATIONS ÉQUIPE SYSTÈMES ET SIGNAUX SONORES : AUDIO/ACOUSTIQUE, INSTRUMENTS (S3AM)

### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

Boutin H., Smith J., Wolfe J., «Trombone lip mechanics with inertive and compliant loads ("lipping up and down")», *The Journal of the Acoustical Society of America*, 147, 4133 (2020). <https://doi.org/10.1121/10.0001466>

Boutin H., Smith J., Wolfe J., «Warming up' a wind instrument: The time-dependent effects of exhaled air on the resonances of a trombone», *The Journal of the Acoustical Society of America*, 148, 1817, 2020. <https://doi.org/10.1121/10.0002109>

d'André-Novel B., Coron J.-M., Perruqueti W., «Small-Time Stabilization of Homogeneous Cascaded Systems with Application to the Unicycle and the Slider Examples», *SIAM Journal on Control and Optimization*, Society for Industrial and Applied Mathematics, 58 (5), 2020, p. 2997-3018.

Falaize A., Hélie T., «Passive modelling of the electrodynamic loudspeaker: from the Thiele-Small model to nonlinear port-Hamiltonian systems», *Acta Acustica*, 4(1):1, février 2020. doi: 10.1051/aacus/2019001. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02496422>

Lebrun T., Hélie T., «Correction of the Doppler distortion generated by a vibrating baffled piston», *Acta Acustica*, 4(1), février 2020. doi: 10.1051/aacus/2020002. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02614707>

Najnudel J., Hélie T., Roze D., Boutin H., «Simulation of an ondes Martenot circuit», *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech and Language Processing*, 28:2651-2660, septembre 2020a. doi: 10.1109/TASLP.2020.3019643. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02920526>

### ■ Communications avec actes dans un congrès international

- Boutin H., Genevois H., Flety E., Najnudel J., Hélie T., « Towards facsimiles of Ondes Martenot. An ergonomic replica of the Onde 169 », CIMCIM annual conference, Paris, février 2020. <https://philharmoniedeparis.fr/fr/activite/colloque/21277-jouer-et-actionner-les-instruments-des-collections-patrimoniales>
- Lagier A., Legou T., Silva F., Hélie T., « Investigating phonation through excised human larynges: recent developments and ongoing works on an animated testbench », Forum Acusticum 2020, Lyon (on line), France, décembre 2020. <https://hal.archives-ouvertes.fr/IRCAM/hal-03020415v1>
- Müller R., Hélie T., « Fully-implicit algebro-differential parametrization of circuits », in 23rd International Conference on Digital Audio Effects (DAFx-20), Vienne, Autriche, septembre 2020. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02920648>
- Najnudel J., Müller R., Hélie T., Roze D., « A power-balanced dynamic model of ferromagnetic coils », in 23rd International Conference on Digital Audio Effects (eDAFx-20), Vienne (on line), Autriche, septembre 2020. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02920534>
- Silva F., Hélie T., Wetzel V., « Energy-consistent modelling of the fluid-structure interaction in the glottis », 12th International Conference on Voice Physiology and Biomechanics (ICVPB2020), Grenoble (on line), France, décembre 2020. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03020408>
- Wetzel V., Hélie T., Silva F., « Power-balanced modelling of the vocal tract: a recast of the classical lumped-parameter model », Forum Acusticum 2020 (e-Forum Acusticum), Lyon (on line), France, décembre 2020. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03020433>
- Wijnand M., d'Andréa-Novel B., Hélie T., Roze D., « Active control of the axisymmetric vibration modes of a tom-tom drum using a modal-based observer-regulator », Forum Acusticum 2020, Lyon (on line), France, décembre 2020.

## LES PRINCIPAUX LOGICIELS

### NOUVEAUTÉS DÉVELOPPEMENT 2020

Logiciel	Équipe	Fonctions
ISiS	AnaSyn	Ircam Singing Synthesis : version 1.2.8. Nouveautés : amélioration de vitesse de calcul, amélioration d'interaction avec Max ISiS, corrections de bugs, distribution sur Forum pour MacOS et Linux.
TS2	Valorisation/ AnaSyn	Édition visuelle et traitement de sons par vocodeur de phase. Sortie de la V2 avec de nombreux perfectionnements : montage multifichier, nombreuses améliorations de l'ergonomie, optimisations du sonogramme, intégration d'inserts de plugins externes, automatisation de paramètres commandée en MIDI, etc. Implémentation multicanale pour version suivante.
Melodic Scale	Forum + AnaSyn	Plugin Max4Live qui modifie automatiquement une ligne mélodique en temps réel, en changeant son échelle, son mode, sa gamme ou son tempérament.
MaxISiS	Forum + AnaSyn	MaxISiS est une interface MaxGUI pour le moteur de synthèse ISiS.
Ircam Chord	AnaSyn	Détection d'accords : version 1.6.1. Nouveauté : ajout de la correction des temps dans la sortie au XML.
SuperVP	AnaSyn	Version 2.103. Nouveautés : intégration dans Python, sortie SDIF avec amplitude en dB (-OS8), contrôle temps réel d'un filtre (clipping), signature et notarisation pour Catalina.
Pm2	AnaSyn	Version 1.6.50. Nouveauté : signature et notarisation pour Catalina.
OSCar [successeur de Tosca]	EAC	Plugin de communication OSC. Simple maintenance du plugin. Pas de nouveauté significative en 2020.
Panoramix	EAC	Environnement de mixage et post-production multicanale. Nouveautés : ajout de pistes HoaStream (flux HOA encodés) en entrée, refonte des bus WFS (calcul à la volée des coefficients, et généralisation à des antennes non uniformes et non linéaires), ajout d'un bus transaural, ajout d'un paramètre de divergence sur les bus, optimisation du temps de chargement de session, calcul multithread des bus, ajout d'effet de focus HOA sur les pistes format-A et format-B, nombreuses autres améliorations mineures.
MuBu & Co	ISMM	Librairie Max pour la représentation et le traitement du signal audio et gestuel et l'apprentissage automatique. Nouveautés : 4 releases 1.9.12 à 1.9.16, disponibles directement dans le PackageManager de Max et sur le nouveau site du Forum, signature des objets et notarisation des releases, amélioration de la documentation et ajout de nouveaux exemples, ajout du support JavaScript de MuBu container et MuBu track, version multicanale de mubu.granular et mubu.concat : mc.mubu.concat^ et mc.mubu.granular^, sérialisation de MuBu vers dict/instantiation depuis dict, nouveau module pipo.js pour exécuter des expressions JavaScript sur un flux de données, corrections de bugs, ajout de nouvelles fonctionnalités dans tous les objets MuBu, stabilisation de la version Windows, introduction des nouveaux objets suivants : pipo.sylseg (segmentation de la parole en syllabes), mimo.stats (statistiques sur les données), mimo.normalize (output de données normalisées), mimo.pca (analyse en composantes principales) et mubu.gvf (gesture variation follower).
CataRT	ISMM	Synthèse concaténative par corpus. Nouveautés : – version standalone : v1.6.6, maintenance, compatibilité Max >= 8.1.6 ; – version MuBu : v1.2, ensemble de patches refactorisés et finalisés, amélioration de MuBu, ajout de la spatialisation HOA, tutoriels complétés ; – version SkataRT pour Ableton Live : documentation de tous les paramètres, finalisation après beta-test.

Logiciel	Équipe	Fonctions
Soundworks & Co (WebAudio / Javascript)	ISMM	Outils d'interaction distribuée et collective basés sur les technologies web et orientés vers les terminaux mobiles ou embarqués. Nouveautés : – soundworks v3 (stable) – framework destiné à l'implémentation d'environnement distribués dans les navigateurs web ou dispositifs embarqués (RPI); – soundworks/plugins (stable) – ensemble de plugins permettant par exemple de modifier des portions de scripts au runtime, de logger des informations arbitraires depuis n'importe quel nœud du réseau; – como (alpha) – environnement générique pour le développement d'applications distribuées pour l'apprentissage et la sonification du geste; – node-libpd (v1) – version stable utilisant la NAPI de Node.js, permettant d'orchestrer des patches Pure Data dans l'environnement Node.js; – simple-components (v1) – librairie d'éléments d'interfaces basés sur le standard WebComponent; – waves-masters (v2) – librairie générique dédiée au scheduling et au transport; – amélioration et refonte de différents prototypes et applications pour la recherche et la production (« CoMo-* » – M. A. Magalhaes, M. Voillot, I. Peyre, Radio-France, « Playground »; – G. Paine, L. Leire Barbosa, A. Markeas, Biotope, J.-L. Hervé).
Gesture & Sound	ISMM	Ensemble d'objets Max pour l'interaction gestuelle. Nouvel objet vecdisplay (affichage de l'entrée vectorielle, avec historique); signature des objets et notarisation des releases; maintenance. Release de l'objet Vecdisplay.
IAE (Interactive Audio Engine)	ISMM	Librairie C++ pour l'audio interactif et les synthèses sonores (granulaires/concaténatives) avec MuBu. Maintenance.
PiPo SDK	ISMM	Librairie C++ pour l'interfaçage de plugins d'analyse audio et gestuelle. Maintenance.
XMM	ISMM	Librairie de modélisations probabilistes pour la reconnaissance de geste et le mapping. Maintenance.
SuperVP for Max	ISMM/ AnaSyn	Ensemble d'objets Max pour le traitement temps/fréquence basé sur SuperVP. Nouveautés : v 2.18.6, nouvelles fonctionnalités mineures et bugs fixes. Signature des objets et notarisation des distributions; stabilisation de la version Windows.
ircamdescriptor^	ISMM/ AnaSyn	Objets Max pour l'analyse des descripteurs audio basés sur la bibliothèque de AS. Maintenance.
MaxSoundBox (hors ircamdescriptor^)	ISMM/ AnaSyn	Collection d'objets temps réel pour Max pour l'analyse sonore vers la synthèse en temps réel. Signature des objets et notarisation des releases. Maintenance.
OpenMusic	RepMus	Environnement d'aide à la composition : modélisation, visualisation, programmation de structures musicales. L'environnement OpenMusic a été distribué en versions 6.16 (janvier 2020) et 6.17 (août 2020), compatibles avec les dernières évolutions du système d'exploitation MacOS (10.15/Catalina) et intégrant diverses améliorations issues du suivi et des retours des utilisateurs, notamment via le Forum.



Logiciel	Équipe	Fonctions
Antescofo	RepMus	Suivi de partitions et développement de systèmes musicaux interactifs. Travail 2020 : corrections de bugs, principalement en direction des RIM : les versions beta sont livrées sur notre forge interne. Intégration d'un nouvel algorithme de calibration permettant un meilleur suivi (test en cours sur le piano). Livraison d'une version standalone (sans Max) permettant aux RIMs de faire des tests « en batch ». Notarisation. Exemple d'interfaçage avec Open Stage Control (un équivalent libre de MiRA pour Max/MSP). Spécifications de délais par dates à côté de la spécification usuelle par durées. Évaluation des symboles (application à la notation MIDI). Fonction @parse() pour le décodage de fichiers textes de formats arbitraires. Exemples intensifs d'agents sonores asynchrones pour l'opéra de Sivan Eldar (avec Augustin Muller). Finalisation de la librairie AntesCollider (José Miguel Fernandez).
Improtek	RepMus	Système de co-improvisation musicale homme-machine guidé par un scénario temporel. Mise à jour Improtek Video pour le spectacle de G. Bloch, <i>Paris bout à bout</i> , à Improtech Paris - Athina 2020.
Omax	RepMus	Mises à jour de Omax 4 et Omax 5 pour compatibilité avec les nouvelles versions de l'OS Apple et pour Max 8.
Somax	RepMus	Système de co-improvisation musicale homme-machine guidé par une écoute réactive. Nouvelle version de Somax 2.2.0 en Max/ Python 3 intégrant : tutoriels max interactifs, documentation en ligne (maxhelp) des modules, génération de versions standalone intégrant Max et Python, reconception de l'IU donnant accès à des vues simplifiées ou développées des modules, possibilité de changer en temps réel les paramètres du modèle statistiques (n-grams, augmentation de l'espace des solutions modulo des transformations comme la transposition, choix de classifieurs SOM ou GMM), nouvelles interfaces en notation musicale avec trace des opérations de somax, nouveau module de génération de corpus avec parser MIDI ad hoc, support du multi-processing pour optimiser la classification en temps réel et les interactions inter-agents, support pour gestion en temps discret de la dynamique des profils d'activité.
DYCI2 Library	RepMus	DYCI2lib est une librairie d'agents génératifs pour la performance et la composition musicale combinant les approches libres, planifiées et spécifiées, et réactives de la génération à partir d'un corpus. Nouveautés DYCI2lib1.0 : portage des modèles génératifs en Python 3 ; refonte complète et simplification de l'interface, développement de huit tutoriels / applications Max autonomes abordant les modes de jeu Listen, Match, Develop, Accompany, Augment, Guide ; première version .app des modèles génératifs.
Orchids	RepMus	Logiciel d'aide à l'orchestration. Nouvelle base de code liborchidea pour les développements à venir : applications standalone et liens Max et OpenMusic : test extensif, corrections de bugs et réélaboration majeure, plusieurs outils ligne de commande distribués en interne (Kereon/Orchestration/Orchidea) avec une nouvelle boîte à outils Max implémentant une version « vanilla » de l'algorithme validée sur les cibles d'orchestration statiques.
CosmoNote	RepMus	CosmoNote est un outil de science citoyenne basé sur le Web pour annoter les structures musicales, en mettant l'accent sur les structures créées par l'interprète lors d'une performance musicale expressive. Non rendu public.
Modalys	S3AM	Environnement de synthèse sonore par modélisation physique. Nouveautés 2020 (cycle beta 3.6 b1->b10) : – contrôleur mlys.lua pour une nouvelle approche réunissant le monde du script (ModaLisp) et le monde du temps réel (Max). Suite de la mise en place de l'API ; – mise à jour pour les dernières déclinaisons de MacOS (Catalina, Big Sur, machines ARM) ; – éléments finis (3D) pour Modalys for Max (via mlys.lua), pour Mac et Windows ; – import du format 3D .obj ; – ouverture du cycle beta aux membres du Forum qui le souhaitent.

Logiciel	Équipe	Fonctions
The Snail	S3AM	Analyseur du son haute précision avec représentation musicale. Nouveautés 2020 (versions alpha et beta sur master et indian-snail): <ul style="list-style-type: none"> <li>– passage à Juce 5.4.5;</li> <li>– nouveau menu tempérament;</li> <li>– nouvelle UX: spirale colorée, grille plus fine avec niveaux hiérarchiques (selon le tempérament) et dénomination des notes dans un script quelconque (exemple: devanagari pour le système indien des shrutis);</li> <li>– bubble view;</li> <li>– explorateur de ratio d'intervalle (pour un tempérament défini par ratios);</li> <li>– version Android (avec point dur découvert dans la couche audio java).</li> </ul>
DAVID	PDS	Manipulation émotionnelle temps réel de la hauteur – Environnement Max + Python. Maintenance.
CLEESE	PDS	Randomisation de la prosodie et de la mélodie (hauteur, vitesse, intensité, spectre). Maintenance.
ANGUS	PDS	Générateur de rugosité vocale par modulation d'amplitude – Environnement Max. Maintenance.
ZIGGY	PDS	Transformation vocale de sourires. Maintenance.
SpeaK	PDS	Outil d'aide et d'apprentissage à la description verbale des sons. Nouveauté V10b3ext (2020): finalisation du corpus d'ex. sonores (sons environnementaux), production d'une documentation pour diffusion Forum 2021.
SkataRT	PDS + ISMM	Outil d'esquisse et d'exploration sonores à base d'imitations vocales. 2020: finalisation de l'intégration du device Max4Live, beta-test/corrections de bugs, production d'une documentation/tutoriels video + teaser de présentation pour diffusion Forum 2021.
Virtual Choir	Forum + ISMM	Device Max4Live, qui crée un effet de chorale en temps réel, en harmonisant la voix sur différentes échelles musicales.

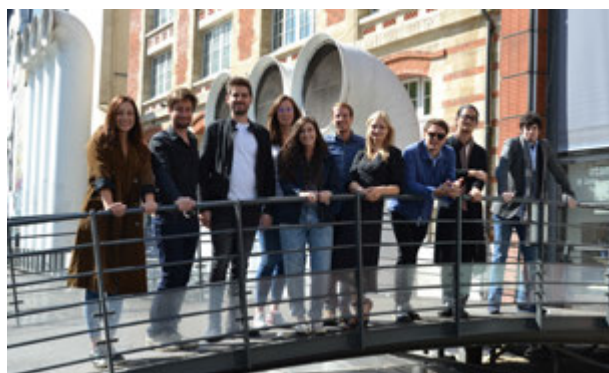
## LA TRANSMISSION

### FORMATIONS SUPÉRIEURES

#### ■ Cours de composition et d'informatique musicale

Promotion 2019-2020

- Ouverture du cursus: les projets finaux des compositeurs peuvent prendre la forme d'une installation, d'une œuvre purement électronique ou électroacoustique intégrant de l'image, du texte, de la poésie, etc.
- Jeunes interprètes participant au concert du cursus



De gauche à droite: Sofia Avramidou, Maxime Mantovani, Fernando Manassero, Claudia Jane Scroccaro, Kayla Cashetta, Oren Boneh, Justina Repeckaitė, Paul Ramage, Ko Sahara, Antonio Tules

© Deborah Lopatin

Effectif	10 compositeurs (4 femmes, 6 hommes): Sofia Avramidou, Oren Boneh, Kayla Cashetta, Fernando Manassero, Maxime Mantovani, Paul Ramage, Justina Repeckaitė, Ko Sahara, Claudia Jane Scroccaro, Antonio Tules
Nationalité	Argentine, États-Unis, France, Grèce, Italie, Japon, Lituanie
Équipe pédagogique	Simone Conforti, Jean Lochard, Grégoire Lorieux, Mikhail Malt, Sébastien Naves (RimCe) et Thierry De Mey compositeur associé au cursus Coordination pédagogique: Murielle Ducas
Durée de la formation	10 mois, 9 septembre 2019 – 30 juin 2020, 650 heures de formation/stagiaire incluant cours magistraux, TD, suivi individualisé, conférences, répétitions, concert
Artistes invités	Andrea Agostini, Manjunah Basavanahalli Chandramouli, Keyvan Chemirani, Prabhu Edouard, Sivan Eldar, Jean-Luc Fafchamps, Laure Gauthier, Jean Geoffroy, Stefano Gervasoni, Marta Gentilucci, Daniele Ghisi, Mauro Lanza, Yan Maresz, Jean-Étienne Sotty, Christian Zanesi Scientifiques: Volker Bohm, Jérôme Nika, Olivier Warusfel Musicologue: François-Xavier Féron
Workshop	Atelier d'improvisation et électronique de 3 jours encadré par Xavier Garcia, Lionel Marchetti, Thierry De Mey et les RimCe, avec la participation de danseurs du département danse du CNSMDP.
Contenu de la formation	Formation à destination de jeunes compositeurs qui, durant 10 mois – de septembre à juin –, se forment sur l'usage des technologies appliquées à la création musicale. L'objectif est de composer une œuvre mixte, électroacoustique ou de concevoir une installation, une performance. Le programme pédagogique intègre des enseignements techniques sur un ensemble de logiciels dédiés à l'informatique musicale (écriture musicale assistée par ordinateur, synthèse et traitement du son, interaction temps-réel, spatialisation), des travaux pratiques en studio, des rencontres avec les équipes scientifiques de l'Ircam et des artistes invités. Chaque étape du programme est ponctuée par des mini-projets permettant de valider les acquis techniques. Les projets finaux des compositeurs sont présentés au mois de juin lors d'une restitution publique et gratuite.
Restitution des projets	En raison de la crise sanitaire liée à la Covid-19, le concert du cursus, qui devait se tenir le 10 juin 2020 au CENTQUATRE-PARIS, salle 400, a été annulé. Une captation audiovisuelle des pièces assurée par Benoît Martin – Année zéro a eu lieu dans la Grande salle du Centre Pompidou entre le 29 juin et le 3 juillet. Le concert du cursus a été diffusé en ligne sur la chaîne YouTube de l'Ircam les 7 et 8 septembre 2020 dans le cadre du festival ManiFeste-2020, reporté au mois de septembre. Plus de 55 000 vues ont été enregistrées.
Partenaires	CNSMDP, CNSMD, HEM de Genève, Académie supérieure de Musique-Hear, Cité internationale des arts.

## Les projets finaux des compositeurs du cursus

Nom	Pays	Titre du projet final	Effectif	Interprètes	Encadrement pédagogique Ircam
Sofia AVRAMIDOU	Grèce	<i>Keep digging the hare hole</i>	Violoncelle et électronique	Séverine Ballon	M. Malt
Oren BONEH	États-Unis	<i>Her Majesty the Fool</i>	Accordéon microtonal et électronique	Fanny Vicens	G. Lorieux
Kayla CASHETTA	États-Unis	<i>Reach</i>	Soprano et électronique	Mathilde Barthélémy	S. Naves
Fernando MANASSERO	Argentine	<i>The Moth</i>	Platine vinyle et électronique	Roberto Maqueda	J. Lochard (Ircam), M. Jarrell, L. Naòn (HEM)
Maxime MANTOVANI	France	<i>Existentia</i>	Saxophone baryton, disklavier, vidéo temps réel, dispositif électroacoustique	Carmen Lefrançois	S. Naves
Paul RAMAGE	France	<i>Fragments d'une Fin</i>	Piano CP-80 et électronique	Alvise Sinivia	S. Conforti
Justina REPECKAITE	Lituanie	<i>Transduced</i>	Percussions, transducteurs et électronique	Yannick Monnot	J. Lochard
Ko SAHARA	Japon	<i>Paraphrase on "Twinkle, Twinkle, Little Star"</i>	Accordéon microtonal et électronique	Jean-Etienne Sotty	G. Lorieux
Claudia Jane SCROCCARO	Italie	<i>I sing the body electric</i>	Contrebasse et électronique	Florentin Ginot	M. Malt
Antonio TULES	France	<i>Vallée</i>	Piano et électronique	Flavien Laffaille	S. Conforti



Répétitions concert du cursus, Centre Pompidou, Grande salle, juin 2020, Sofia Avramidou, Séverine Ballon (violoncelle)  
© Thierry De Mey

### ■ CHAIRE SUPERSONIQUE – Beaux-Arts de Paris

L'Ircam et les Beaux-arts de Paris ont créé en collaboration la chaire Supersonique : Exposer, monter, habiter le son.

La Chaire Supersonique rassemble des étudiants des Beaux-Arts de Paris et ceux du cursus de l'Ircam. Elle se présente comme un atelier de partage des méthodes et outils pour composer l'espace sonore, visuel et sensible et imaginer une création collective in situ.

<b>Coordination</b>	Vincent Rioux, (Beaux-Arts) Murielle Ducas, (Ircam)
<b>Chefs d'ateliers Beaux-arts</b>	Julien Sirjacq, Julien Prévieux, Angelica Mesiti
<b>Encadrants Ircam</b>	Grégoire Lorieux, Sébastien Naves
<b>Étudiants Beaux-arts</b>	Inès Cherifi, Pierlouis Clavel, Héloïse Delcros, Sarah Konté, Meret Kraft, Thomas Lefèvre, Anaïs Legros, Marc Lohner, Clara Midon, Aliha Thalien
<b>Promotion cursus 19-20</b>	Sofia Avramidou, Oren Boneh, Maxime Mantovani
<b>Promotion cursus 20-21</b>	Didem Coskunseven

Un point d'étape est fixé mi-avril avec la présentation d'une esquisse des projets, avant l'exposition finale présentée dans le cadre du Théâtre des Expositions, du 15 juin au 18 juillet 2021, et du festival ManiFeste-2021.



Séance de travail aux Beaux-Arts en septembre 2020 © Philippe Langlois

## ■ ATIAM – ACOUSTIQUE, TRAITEMENT DU SIGNAL, INFORMATIQUE APPLIQUÉS À LA MUSIQUE



Proposée par Sorbonne Université, la formation ATIAM est organisée en collaboration avec l'Ircam et Télécom Paris.

En bref

<b>1<sup>re</sup> promotion</b>	1993
<b>Partenaires</b>	Sorbonne Université, Ircam, Télécom Paris
<b>Coordination</b>	Thomas Hélie (Ircam, CNRS) Cyrielle Fiolet (Ircam, Pédagogie et action culturelle)
<b>Correspondants Sorbonne Université</b>	Benoît Fabre (master Spl, acoustique) Emmanuel Saint-James (master informatique, SAR)
<b>Équipe enseignante</b>	25 intervenants
<b>Niveau</b>	Master 2
<b>Objectifs</b>	Délivrer les connaissances scientifiques et la culture musicale permettant d'aborder les recherches dans les domaines de l'acoustique musicale, du traitement du signal sonore et de l'informatique musicale.



Thomas Hélie lors de la rentrée ATIAM © Cyrielle Fiolet

Maquette

Unités d'enseignement – Semestre 3 : de septembre à mi-février		
Intitulé de l'enseignement	Code UE	Responsable
Fondamentaux pour ATIAM	MU5MEAT1	Moreno Andreatta (IRMA, CNRS)
Acoustique musicale	MU5MEAT2	Benoît Fabre (LAM, SU)
Traitement du signal musical	MU5MEAT3	Roland Badeau (Télécom Paris)
Informatique musicale	MU5IN457	Philippe Esling (Ircam, SU)
Projets et applications musicales	MU5IN458	Benoît Fabre (LAM, SU)

Unités d'enseignement – Semestre 4 : de mi-février à août		
Intitulé de l'enseignement	Code UE	Responsable
Insertion professionnelle	MU5INOIP	Isabelle Viaud-Delmon (Ircam, CNRS)
Anglais (Spl)	MU4LVANT ou MU4LVANW	
Stage (5 à 6 mois à partir de mi-février)	MU5MESO4 MU5INSO4	

### Promotion 2019-2020

<b>Recrutement</b>	47 candidats Présélection sur dossier Entretiens de motivation (2 jurys composés de 4 enseignants représentant les différentes disciplines)
<b>Promotion 2019-2020</b>	18 étudiants Établissements d'origine : Sorbonne Université, Telecom Paris, ENS Cachan, École Polytechnique, Centrale Lille, etc.



La promotion ATIAM 2019-2020 :

1<sup>er</sup> rang : Ninon Devis, Olivier Birot, Yujia Yang, Hugo Fafin, André de Hillerin, Théo Golvet, Bruno Souchu  
2<sup>e</sup> rang : Gonzalo Romero, Zitian Gao, Cyril Lavrat, Arthur Terrasse, Victor Paredes, Lydia Rodriguez-de la Nava, Lucas Chaumeny, Alice Rixte, Emmanouil Plitsis, Lenny Renault, Colette Voisembert © Deborah Lopatin

### Temps forts 2019-2020

- Visite du Laboratoire de mécanique et d'acoustique de Marseille – 15 novembre 2019.

<b>Organisation</b>	Christophe Vergez (LMA, enseignant dans les UE FpA, AM et PAM) Coordination ATIAM
<b>Prise en charge</b>	Ircam et LMA
<b>Programme</b>	Rencontre avec les équipes de recherche Prise de contact pour des stages Découverte des calanques!

- Départs en stage à partir de mi-février 2020, les stages ont pu continuer à distance pendant le confinement.

- Soutenances de stage – 17 et 18 septembre 2020 en salle Stravinsky à l'Ircam.

<b>Organisation</b>	Coordination ATIAM, avec la participation d'Éric de Gélis, régisseur salle
<b>Jury</b>	Équipe pédagogique d'ATIAM, relecteurs
<b>En bref</b>	18 soutenances dont 4 à huis clos (sujets confidentiels)
<b>Public</b>	Encadrants de stage, nouvelle promotion ATIAM, chercheurs, doctorants, etc.

#### Résultats 2019-2020

17 étudiants ont obtenu leur diplôme.

### ■ DOCTORAT DE MUSIQUE : RECHERCHE EN COMPOSITION

#### En bref

<b>1<sup>re</sup> promotion</b>	2014
<b>Partenaires</b>	Sorbonne Université, Ircam
<b>Coordination Ircam</b>	Jean-Louis Giavitto (Ircam, CNRS, directeur adjoint UMR-STMS)
<b>Suivi Ircam</b>	Cyrielle Fiolet (Ircam, Pédagogie et action culturelle)
<b>Objectifs</b>	Permettre à des compositeurs de s'inscrire dans une véritable démarche de recherche musicale en proposant notamment des projets intégrant une dimension technologique dans le travail de composition.

#### Soutenance

Karim Haddad a soutenu sa thèse le 13 novembre 2020 à l'Ircam.

<b>Sujet</b>	<b>École doctorale</b>
Unité Temporelle. Une approche pour l'écriture de la durée et de sa quantification	École Doctorale « Concepts et Langages »
<b>Direction</b>	<b>Jury</b>
Carlos Agon (Professeur, Sorbonne Université), Jean-Marc Chouvel (Professeur, Sorbonne Université)	Moreno Andreatta (Directeur de Recherche, CNRS) Gérard Assayag (Directeur de Recherche, Ircam) Isabelle Bloch (Professeure, Télécom Paris) Julio Estrada (Directeur de Recherche, UNAM) Anne Sèdes (Professeure, Université Paris VIII)

#### Doctorats en cours

Doctorants	Sujet	Direction	École Doctorale
José Miguel Fernandez	Vers un système unifié d'interaction et de synchronisation en composition électroacoustique et mixte : partitions électroniques centralisées	Jean-Louis Giavitto (CNRS, Ircam) et Pierre Couprie (Sorbonne Université, IreMus)	EDITE (2017-2020)
Alessandro Ratoci	Vers l'hybridation stylistique assistée par ordinateur Composer à partir des sources sonores connotées	Moreno Andreatta (CNRS, IRMA) et Laurent Cugny (Sorbonne Université)	École Doctorale « Concepts et Langages » (2017-2020)



■ ESAD TALM – DNSEP Design sonore

En bref

<b>Mise en place</b>	2011
<b>Partenaires</b>	École supérieure d'art et de design TALM site Le Mans, Ircam, ENSCI-Les Ateliers, LAUM
<b>Coordination</b>	Olivier Houix (ESAD TALM – Ircam)
<b>Intervenants Ircam</b>	Nicolas Misdariis, Patrick Susini
<b>Suivi Ircam</b>	Cyrielle Fiolet
<b>Niveau</b>	DNSEP, équivalence master 1 et 2
<b>Objectifs</b>	Former les futurs professionnels de la création sonore appliquée dans tous les domaines où penser le son, l'imaginer, le fabriquer et l'intégrer, valoriser l'usage par le sonore : industrie, urbanisme et architecture, espace muséal, média numérique, design d'objet, art, cinéma, ou encore spectacle vivant.

Intervention de l'Ircam

<b>Enseignement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DNSEP Design sonore : Perception et cognition de l'objet sonore (Nicolas Misdariis)</li> <li>• Intervention pour les L1-L2 (Nicolas Misdariis)</li> </ul>
<b>Encadrement pédagogique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Workshop applicatif ESAD – ENSCI – Ircam (Olivier Houix, Nicolas Misdariis, Patrick Susini)</li> </ul>

Promotions 2020-2021

Recrutement année 4 adapté du fait de la situation sanitaire : présélection sur dossier, entretiens à distance.

<b>Étudiants, année 4</b>	Constantin Dzianisau, Paul Guionie, Léonard Ibanez-Pelouard, Marie Larquier, Clément Macoin, Nicole Vereau Kraemer
<b>Étudiants, année 5</b>	Aline Clair, Gabriel Dollet, François Hamon, Hua-Yen Pan, Léo-Loup Reyner, Théo Toussaint



Diplôme de François Kerforn, septembre 2020 © Olivier Houix

Workshop applicatif

<b>Partenaire associé</b>	SNCF
<b>Coordination</b>	Ircam
<b>Coordination administrative</b>	Diane Debuisser (ESAD TALM), Cyrielle Fiolet (Ircam), Quentin Lesur (ENSCI)
<b>Encadrement pédagogique</b>	ESAD TALM : Rodolphe Alexis, Fabien Bourdier, Ludovic Germain, Olivier Houix Ircam : Nicolas Misdariis, Patrick Susini ENSCI : Roland Cahen
<b>Dates</b>	Reporté du 15 au 26 février 2021

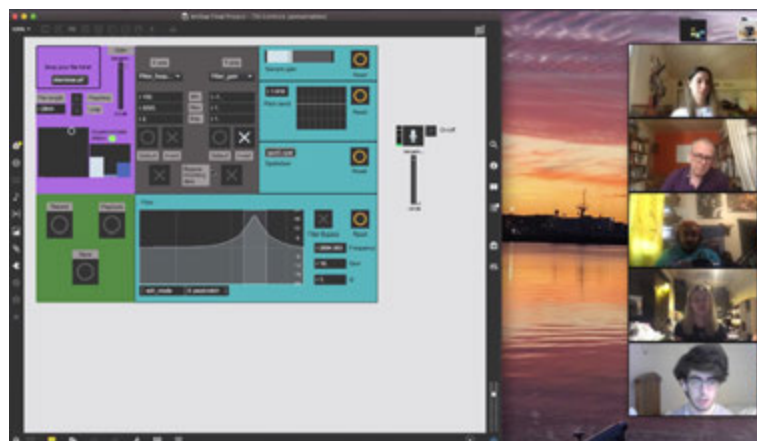
■ NYU – New York University

En bref

<b>1<sup>re</sup> promotion</b>	2015
<b>Partenaires</b>	New York University (Music Technology Program), Ircam
<b>Coordination Ircam</b>	Cyrielle Fiolet (Ircam, Pédagogie et action culturelle)
<b>Équipe enseignante</b>	Tom Mays (HEAR, Université de Strasbourg) Simone Conforti (RimCe, Ircam) Interventions de chercheurs de l'Ircam
<b>Objectifs</b>	Acquérir des compétences en analyse/synthèse temps réel, composition assistée par ordinateur en temps réel et spatialisation (utilisation de Max, AudioSculpt, Antescofo, etc.); découvrir l'Ircam, ses projets de recherche et des œuvres de son répertoire.
<b>Autres activités</b>	Participation aux ateliers du Forum, concerts de la saison, etc.

Session 2020

<b>Dates</b>	Du 3 février au 9 mars 2020 à l'Ircam, puis du 16 mars au 18 avril 2020 à distance
<b>Effectif</b>	9 étudiants



Présentations finales des étudiants NYU à distance © Cyrielle Fiolet

### ■ CIEE - Council on International Educational Exchange

Le CIEE est un organisme à but non lucratif proposant des programmes d'échanges et d'enseignement.

#### En bref

<b>1<sup>re</sup> promotion</b>	2013
<b>Partenaires</b>	Council on International Educational Exchange Paris
<b>Coordination Ircam</b>	Cyrielle Fiolet (Ircam, Pédagogie et action culturelle)
<b>Équipe enseignante</b>	Intervenants Ircam et CIEE
<b>Contenus pédagogiques</b>	Max, introduction à Max4Live, au Spat et à Audiosculpt Projet personnel en fin de stage
<b>Autres activités</b>	Concerts du festival ManiFeste, participation aux activités de l'académie, visites d'expositions

#### Session 2020

Annulée du fait de la situation sanitaire, volonté du partenaire de reprendre le programme dès que le contexte le permettra.

### ■ EDUCO

EDUCO est un consortium d'universités américaines (Cornell, Duke, Emory et Tulane) qui propose un programme en France à destination d'étudiants de premier cycle avec un niveau avancé de français (suivi académique personnalisé, soutien pédagogique et choix d'activités culturelles).

#### En bref

Mise en place d'une session de cours à l'Ircam pour le programme EDUCO.

<b>1<sup>re</sup> session</b>	Prévue pour l'automne 2020, reportée à l'automne 2021 du fait de la suspension des activités d'Educo pour l'année universitaire 2020-2021
<b>Coordination Ircam</b>	Cyrielle Fiolet (Ircam, Pédagogie et action culturelle)
<b>Équipe enseignante</b>	Aurore Baudin, Jérôme Boutinot, Philippe Langlois, Grégoire Lorieux
<b>Contenus pédagogiques</b>	Panorama art, sciences et technologie Recherche documentaire Cinéma et musique expérimentale
<b>Autres activités</b>	Écoutes, concerts et rencontres (chercheurs de l'Ircam, compositeurs, Rims, etc.)

#### Session 2020

Annulée du fait de la situation sanitaire, volonté du partenaire de demarrer le programme dès que le contexte le permettra.

### ■ La Fémis – Session de formation pour les étudiants en son de 3<sup>e</sup> année à la Fémis

<b>Date</b>	2, 4, 23, 24 novembre, 18 heures de formation (durée réajustée, enseignement en ligne en raison de la crise sanitaire)
<b>Stagiaires</b>	Fabien Beillevaire, Theo Cancelli, Elias Cheyroux, Yannis Do Couto, Ondine Novarese, Rémi Seffacene
<b>Thématique</b>	Logiciels Max et Spat
<b>Formateur</b>	Jean Lochar

Séminaire Fémis

<b>Date</b>	Mercredi 25 novembre 2020, en visioconférence
<b>Public</b>	Élèves, doctorants de la Fémis
<b>Thématiques</b>	Études croisées du récit, spatialisation et immersion sonore
<b>Intervenants</b>	Nicolas Obin (Sorbonne université) Hervé Déjardin (Radio France) François-Xavier Ferron (CNRS) Frédéric Durieux (CNSMDP) Rémi Bricout (compositeur) Barbara Turquier (La Fémis) Philippe Langlois (Ircam)

■ **Pôle Sup'93**

Reprise de *NoaNoa* de Kaija Saariaho au programme de l'examen de fin de DNSPM de Julie Godineau, étudiante au Pôle Sup'93 qui a travaillé la pièce dans le cadre du parcours musique mixte 2018-2019. Examen le 23 novembre

RimCe : Grégoire Lorieux

Ingénieur du son : Julien Pittet

■ **ENSAPC – Atelier de recherche et de création en école d'art**

Avec l'École nationale supérieure d'arts de Paris-Cergy

Encadrement pédagogique : Grégoire Lorieux, Sébastien Naves (Ircam), Yann Beauvais, Jérôme Combiér (ENSAPC)

*Unexpected Items In The Bagging Area* est un projet développé autour d'un atelier de recherche et de création sur le thème des images en mouvement et des expériences sonores. En prenant pour point de départ les notions d'image projetée et de cinéma expérimental, les étudiants de l'ENSAPC ont développé des réflexions, des lignes de recherche, des propositions plastiques ou musicales, en lien avec d'autres médias tels que la poésie, la musique improvisée, la programmation musicale ou l'installation. Originellement destinés à être exposés à l'Ircam et au centre d'art Ygrec-ENSAPC à Aubervilliers, ces projets, pour cause de confinement, ont été accessibles sur les réseaux sociaux (Facebook, Instagram et Twitter) de fin mai à début juillet.

**Projets présentés en ligne**

Amosphère x NSDOS *AtyPtek*

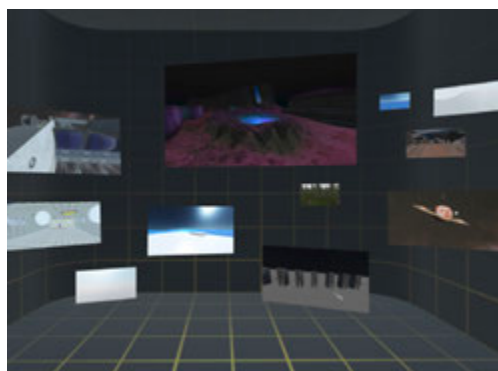
Dylan Altamiranda *Tu te souviens de cette chanson ?*

Lina Filipovich *So Blue*

Yannis Briki et Sarah-Anais Desbenoit *La Cabine*

Aurélié Massa *Bio-scénose*

Loïck Mfoundou *A10*



Amosphère x NSDOS *AtyPtek* ©DR

Dans le cadre du projet, Philippe Langlois a donné un séminaire intitulé « Cinéma expérimental et musique expérimentale » le 24 janvier à l'Ircam.

## FORMATION PROFESSIONNELLE

### ■ Formations régulières

Saison 2019-20	Dates	Lieu	Durée	Stagiaires	Formateurs
Max for Live	6-11 janvier	Ircam	36 h	9	M. Malt, J. Lochard
Max Initiation session 2 Certification Max niveau 1	3-8 février	Ircam	36 h	8	M. Malt, S. Conforti
Certification Max niveau 1	8 février	Ircam	3 h	2	
Initiation à la Spatialisation sonore	12-14 mars	Ircam	18 h	11	J. Lochard
Modalys	22-24 mars	Zoom	12 h	7	J. Lochard
Saison 2020-21	Dates	Lieu	Durée	Stagiaires	Formateurs
Max Perfectionnement (session 1) Certification Max niveau 2	21-26 septembre	Ircam	36 h	6	M. Malt, G. Lorieux
TS2 Transposition et Stretching	15-16 octobre	Zoom	12 h	4	J. Lochard
Max Initiation session 1	2-7 novembre	Zoom	36 h	3	M. Malt, S. Naves
<b>7 formations maintenues</b>	<b>31 jours</b>		<b>186 h</b>	<b>48 stagiaires</b>	<b>5 formateurs</b>

### ■ Certifications

Mise en place de deux certifications Max depuis septembre 2016 : Max niveau 1 et Max niveau 2. Ces certifications ont pour but d'évaluer le niveau des stagiaires sur Max en testant leur capacité à concevoir, implémenter et utiliser des applications créées avec le logiciel. Les résultats obtenus permettent de situer les stagiaires sur une échelle de compétences.

La certification Max niveau 1 est enregistrée au Répertoire Spécifique des certifications et des habilitations (RSCH) qui remplace l'inventaire de la Commission nationale de la formation professionnelle (<http://inventaire.cncp.gouv.fr/fiches/2404/>) dans le cadre de la réforme professionnelle. Elle est éligible au compte personnel de formation pour les intermittents du spectacle et les salariés relevant de la branche du spectacle vivant et de la branche de l'audiovisuel.

### ■ Formations à la carte

C-Lab à Taipei - Workshop en ligne sur le Spat pour les stagiaires ingénieur du son et Rim du C-Lab  
Introduction sur le Spat, Spat control, Ambisonics, rendez-vous individuels avec les participants/projet, restitution des projets sous dôme ambisonics au C-Lab.

5 participants.

Formateur : Jean Lochard

Session de 2 heures les 6, 13, 20, 27 octobre, 3 novembre, 1<sup>er</sup>, 8, 15 décembre

HEAR – Conservatoire à rayonnement régional de Strasbourg

Formation sur Open Music,

Formateur : Mikhail Malt

Session de 2 fois 2 jours (24 heures) les 12-13 décembre 2019 et 13-14 février 2020

## ACTION CULTURELLE

### ■ Les Ateliers de la Création

Direction des publics, Centre Pompidou : Émilie Bonnet

Département pédagogie et action culturelle : Sophie Chassard, Philippe Langlois

Stagiaire : Ida Barat

#### Chiffres clés

- 2 établissements scolaires
- 2 classes
- 55 élèves au total

#### Journée de restitution à Paris

La journée de restitution nationale prévue initialement le 13 mai 2020 a été annulée en raison de la crise sanitaire et du confinement.

Ville	Établissement	Classe	Partenaire arts visuels	Partenaire arts du son
Riom	Lycée Pierre Joël Bonté – Filière bois	29 élèves de 1 <sup>re</sup> pro - Bac pro TMA (Technicien Menuisier Agenceur) - Bac pro TCB (Technicien Constructeur Bois)	Salle Gilbert-Gaillard, Clermont-Ferrand	Festival Musiques Démesurées Clermont-Ferrand
Saint-Marcellin	Lycée d'enseignement agricole privé Bellevue	26 élèves de 2 <sup>nd</sup> e SAPAT : Service aux personnes et aux territoires	La Halle Jean Gattégno, Pont-en-Royans	Grame, Centre national de création musicale

#### Livret méthodologique des Ateliers de la Création

Avec le soutien du réseau Interfaces, finalisation et diffusion du livret méthodologique trilingue de 60 pages (français, anglais et grec) autour du projet, dans le but d'étendre le dispositif à d'autres régions.



Couverture du livret méthodologique des Ateliers de la Création

### ■ Parcours d'éducation artistique et culturelle

Encadrement pédagogique : Grégoire Lorieux

Coordination : Sophie Chassard

#### Chiffres clés

- 2 établissements scolaires (1 lycée, 1 école élémentaire)
- 1 partenariat avec la Ville de Bagneux et le soutien du mécénat de la société Fimenco

Deux projets mis en place :

#### Remake

Un projet européen à destination d'une classe de lycéens ou collégiens permettant d'appréhender, de s'approprier et de recréer une œuvre musicale contemporaine.

#### Dessiner la Musique

Un nouveau projet, ouvrant l'action pédagogique à un public plus jeune (classe niveau élémentaire).

En raison de la crise sanitaire, les deux projets sont reportés au printemps 2021.



Visite d'une classe élémentaire à la médiathèque de l'Ircam @Philippe Langlois

### ■ Production audiovisuelle

#### Collection « Images d'une œuvre »

Coordination audiovisuelle : Murielle Ducas

#### Images d'une œuvre n° 26 *De tinieblas* de Stefano Gervasoni

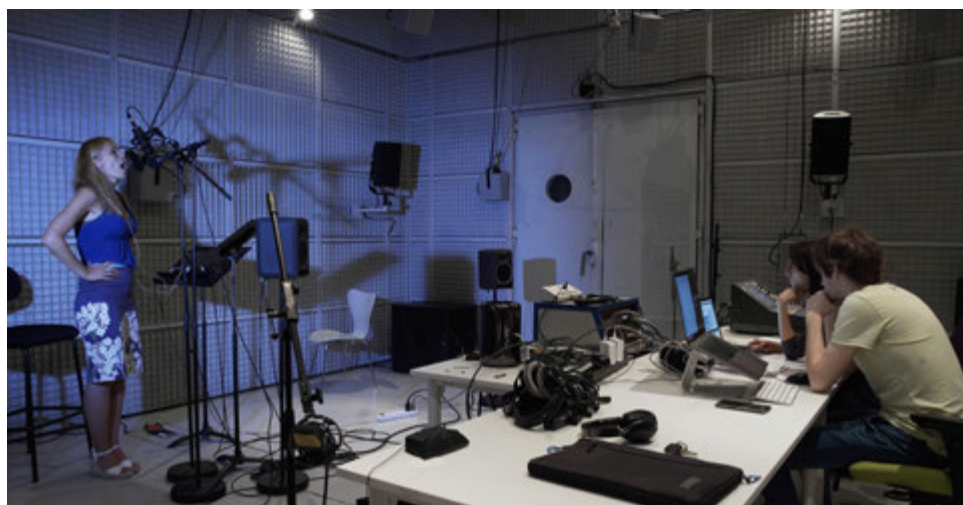
Film de Véronique Caye, avec la collaboration de Philippe Langlois.

Production lancée en 2020, sortie du film reportée en 2022.

#### Images d'une œuvre n° 27 *Canzoniere Part I & II* de Marta Gentilucci

Film d'Isabelle Ingold et de Vivianne Perelmuter, avec la collaboration de Michèle Tosi. Durée 26 mn.

Diffusion à l'occasion de la reprise de la pièce au festival Éclat de Stuttgart le 4 février 2021 (festival en ligne pour cause de pandémie).



Séance de travail en studio à l'Ircam pour *Canzoniere* de Marta Gentilucci © Isabelle Ingold & Vivianne Perelmutter  
Avec Sarah Sun (soprano), Thomas Goepfer (Rim) et Marta Gentilucci (compositrice)

Le film montre la façon dont Marta Gentilucci a élaboré son projet, pensé en 2 volets et conçu à partir de textes de poétesses. Le film rend compte d'une manière très sensible et intime de son travail sur le vibrato, la distorsion, son exigence et sa volonté de faire entendre certaines parties des sons en les « magnifiant », sa force de travail avec les différents collaborateurs de l'Ircam (Rims, scientifiques, etc.) et son engagement dans le dialogue avec les chanteurs.

### ■ Rencontres métiers

Le département Pédagogie et action culturelle, en collaboration avec le service Communication et partenariats, propose des rencontres métiers, une action pédagogique donnant un accès personnalisé aux spécificités de l'institut, en présentant des métiers au croisement entre création artistique et recherche scientifique.

#### En bref

<b>Mise en place de l'action</b>	Saison 2015-2016
<b>Partenaires</b>	Département Pédagogie et action culturelle Service Communication et partenariats
<b>Coordination</b>	Cyrielle Fiolet (Pédagogie et action culturelle)
<b>Conférencières</b>	Cyrielle Fiolet (Pédagogie et action culturelle) Deborah Lopatin (Service Communication et partenariats)
<b>Public</b>	Élèves à partir de la 4 <sup>e</sup>
<b>Objectifs</b>	Permettre aux élèves de comprendre, par l'entrée métier, ce qui est développé et valorisé au sein des équipes de l'Ircam, abordant ainsi conjointement les problématiques de la recherche et de la création sonore contemporaine.
<b>Contenus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visite, animée par une conférencière de l'Ircam, pendant laquelle sont abordés l'histoire de l'institut, son architecture et les différents domaines d'activités ;</li> <li>• Conférence-rencontre avec un intervenant de l'Ircam qui présente son métier et son parcours personnel.</li> </ul>





Des élèves à l'Ircam avec Deborah Lopatin © Florence Grappin

### Chiffres clés 2020

<b>Nombre de rencontres organisées</b>	7 entre janvier et mi-mars 2020 Les rencontres ont été suspendues à partir du 17 mars 2020, date du confinement en France.
<b>Nombre de personnes accueillies</b>	262 participants (élèves et équipe enseignante)
<b>Type d'établissements</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 lycées</li> <li>• 2 collèges</li> <li>• 1 établissement de l'enseignement supérieur</li> </ul>
<b>Métiers et thématiques abordés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chercheur : voix, design sonore, etc.</li> <li>• RIM et RIMce</li> </ul>

### ■ Dossier pédagogique

Le département Pédagogie et action culturelle a lancé le projet de réalisation d'un dossier pédagogique en ligne qui permettra de mettre à disposition du public des ressources sur l'Ircam.

#### En bref

<b>Format</b>	Plateforme numérique en ligne
<b>Public</b>	Scolaires, enseignants, grand public
<b>Type de ressources</b>	Vidéos, interviews, articles, activités pédagogiques, etc.
<b>Partenaires</b>	Département Pédagogie et action culturelle Service Communication et partenariats

Portraits métiers

Dans le cadre du dossier pédagogique et dans la continuité des rencontres métiers, lancement de la réalisation de la série vidéo « portraits métiers de l'Ircam ».

<b>Format</b>	Vidéos d'environ 3 mn : interview d'une personne de l'Ircam présentant son métier et son parcours
<b>Public</b>	Scolaires, enseignants, grand public Personne souhaitant travailler à l'Ircam
<b>Partenaires</b>	Département Pédagogie et action culturelle (coordination) Service Communication et partenariats Service des Ressources humaines
<b>Réalisatrice</b>	Véronique Caye
<b>Pilote</b>	Métier de Rim, Serge Lemouton Début du tournage en décembre 2020



Tournage d'un portrait métier à la médiathèque © Sophie Chassard

**■ Studio 5, en direct : étudier à l'Ircam**

Le 1<sup>er</sup> février, 15h-18h

Gratuit, tout public

Rendez-vous pour découvrir les actions pédagogiques du département à travers des concerts, des séances d'écoute, la présentation d'objets sonores inventifs et des démonstrations de logiciels développés à l'Ircam.

Fréquentation : environ 100 personnes.

**■ Recherche musicale : résidence artistique d'Alex Ruthmann**

Alex Ruthmann est professeur associé d'éducation musicale et de technologie musicale et directeur du laboratoire de conception d'expérience musicale de la NYU (MusEDLab) à la NYU Steinhardt.

Le but de sa résidence de 3 mois est de concevoir des expériences participatives d'interactions musicales numériques sur le web à partir du *Dialogue de l'ombre double* de Pierre Boulez en partant des prototypes créés par le NYU Music Experience Design Lab.

Résidence de janvier à mars 2020, accompagnement Grégoire Lorieux.



Alex Ruthmann – Meet up le 26 février 2020,  
Ircam, salle Stravinsky: Creative Music  
Technology for Learning and Play © DR

Intervenants	Titre
Frédéric Bevilacqua, (Ircam) Benjamin Matuszewski (Ircam)	Collective Web Audio collective interaction
Alex Ruthmann (NYU)	Web Audio Playgrounds for Creative Musical Play and Learning
Muriel Colagrande (directrice artistique AVAOM)	OVAOM – Sound Explorer
Sacha Sakharov	Digital Lutherie, Instrument Prototyping, Art Science and Education via Music and Sound Art – L'Atelier de Sacha
Francis Dubé (Université de Laval, Québec)	Université des jeux(nes) musiciens
Guillaume Pellerin (Ircam responsable équipe Web)	Web Audio Plugins
Vincent Giersch (fondateur de Flat)	Flat
Cecilia Björk and Mats Granfors	Notio
Pascal Joguey (CEO & co-founder Joué Music Instruments)	Joué
Bruce Carter (Northwestern University)	Reimagining String Pedagogy Utilizing Newly Designed Consoles (the Repetivo) and Exploring Dynamic Ways of Gamifying the Violin Learning Experience
Alexandre Dubreuil (ingénieur du son et designer sonore)	Music Generation with Magenta.js
Matthew Kaney (NYU)	MIDI In the Web
Florian Dupeyron (étudiant SU)	The UMX Frankenstein Project
Fred "Azarty" Cecilia (développeur et musicien)	How being a developer helps me to be a better musician?
Emilie Zawadzki (développeuse Web)	Using Web audio in an electronic drum online method

## PÔLE DOCUMENTAIRE

### ■ Médiathèque

La continuité du service a été assurée malgré la pandémie pour les lecteurs Ircam et non-Ircam. Pour ces derniers, un mode « drive » a été mis en place. Ce « drive » a pallié les périodes de fermetures contraintes, permettant ainsi à tous les publics d'accéder à notre fonds documentaire.

Nouvelles entrées au catalogue

404 documents ont intégré notre fonds, parmi lesquels 262 sont des dons (particuliers et compositeurs). La liste des 142 acquisitions et des abonnements peut être consultée à cette adresse :

<https://www.ircam.fr/media/uploads/brochures/nouveautes-2020-mediathèque-ircam.pdf>

Livres	145
Partitions	42
CD	115
Notes de programme	24
Abonnements	78
<b>Nombre total de documents entrés dans le catalogue</b>	<b>404</b>

Accueil des lecteurs

Nombre de lecteurs accueillis	430
-------------------------------	-----

La pandémie a brutalement réduit la fréquentation, mais la continuité de service a permis de maintenir l'accessibilité aux fonds documentaires. Sur toute l'année, nous avons « reçu » 430 lecteurs, contre 1187 en 2019.

Archives sonores et audiovisuelles

La médiathèque conserve la mémoire institutionnelle en ajoutant au quotidien des archives sonores et audiovisuelles des événements, en cours ou passés, des saisons artistiques et scientifiques de l'Ircam dans la base de données Médias. Trois collaborateurs ont travaillé à l'enrichissement de cette base de données : Éric de Gélis (service production), Aurore Baudin et Jérôme Boutinot (médiathèque).

Nombre de fichiers médias ajoutés	166
-----------------------------------	-----

**■ Valorisation documentaire**Expositions in situ

Deux expositions se sont tenues en 2020. La première, liée à un événement en salle Stravinsky (« Rencontre autour d'un livre » consacré à John Cage), a permis de tester un nouveau format d'exposition en amenant les fonds vers le public : des partitions et des livres ont été placés sur la scène, à côté des conférenciers, qui pouvaient y faire référence en direct.

La deuxième exposition, en médiathèque, a permis de faire un focus sur la promotion 2019-2020 du cursus.

Dates	Titre de l'exposition	En lien avec
4 février 2020	Autour de John Cage	Rencontre autour d'un livre intitulée « John Cage et nous »
Septembre 2020 – Décembre 2020	Les compositeurs du cursus 2019-2020	Rentrée du cursus 2020-2021

Activité pédagogique

En octobre 2020, nous avons accueilli les étudiants du diplôme Ingénierie sonore de l'INA pour une visite de la médiathèque et un échange autour de la musique électronique. Ils ont pu parcourir des partitions de pièces mixtes et être sensibilisés à la notation de l'électronique.

Base de données BRAHMS

Nombre d'utilisateurs	188 630
Nombre de sessions ouvertes	295 274
Pages vues	683 989



Exposition des partitions du cursus, septembre 2020 © Jérôme Boutinot

La réalisation de nouveaux dossiers et la mise à jour des dossiers existants ont été faites en fonction de l'actualité de l'institut (créations, programmation, résidences) et du pointage des saisons des grands centres de création, des festivals et des ensembles de musique contemporaine – pointage réalisé entre le dernier trimestre 2019 et le premier trimestre 2020.

Les nouvelles commandes de dossiers avec parcours ont été décidées lors des deux réunions du comité éditorial élargi à d'autres personnalités.

#### Comité éditorial

Aurore Baudin (documentaliste hypermédia)

Jérôme Boutinot (documentaliste hypermédia)

Nicolas Donin (musicologue)

Laurent Feneyrou (musicologue)

Philippe Langlois (musicologue)

Grégoire Lorieux (réalisateur en informatique musicale)

L'ISSN de BRAHMS est 2557-8928.

Enrichissement	Compositeurs	Auteurs
11 nouveaux dossiers	Pierre-Yves Macé, Xu Yi, Adam Maor, Dieter Schnebel, Alvin Lucier, André Stordeur, Daphe Oram, Mikel Urquiza, Birke Bertelsmeier, Nicolas Frize, Iris ter Schiphorst	Aurore Baudin, Jérôme Boutinot
10 nouveaux Parcours de l'œuvre	Thomas Adès, Edith Canat de Chizy, Francis Poulenc, Jean Sibelius, Isidore Isou, Hanns Eisler, Michael Nyman, Peter Ablinger, Xu Yi, Hans Wüthrich	Hélène Cao, Michèle Tosi, Nicolas Southon, David Verdier, Yoann Sarrat, Laetitia Devos, David Sanson, Pierre-Yves Macé, Michèle Tosi, Mathieu Corajod
77 dossiers mis à jour		Aurore Baudin, Jérôme Boutinot

## INFORMATIQUE

---

Pour tous les services informatiques du monde, l'année 2020 a été marquée par la pandémie et la nécessité de mettre en place des outils pour le télétravail.

### LE TRAVAIL À DISTANCE

La nécessité de s'adapter rapidement lors du premier confinement a été une obligation.

L'accès au VPN a été facilité et mis à jour. Les collaborateurs pouvaient accéder aux ressources internes facilement. Une machine avait été dédiée afin d'éviter l'encombrement réseau et les restrictions de la virtualisation.

La vidéoconférence a été un autre chantier. Jitsi a été mis en place pour avoir un service interne permettant cette fonctionnalité. Le résultat a été satisfaisant excepté pour les correspondants à l'étranger et/ou avec des connexions fluctuantes.

L'utilisation de fournisseurs tiers pour des réunions importantes ou avec des correspondants étrangers est une option régulièrement utilisée.

L'achat de portables avec écrans séparés et disques de sauvegarde externe est privilégié afin de permettre à la majorité des collaborateurs de télétravailler dans des conditions satisfaisantes.

#### ■ Le remplacement des services Mac

Les services d'Apple Server auparavant via MacOSX Server évoluent pour une solution à base de Samba et Linux. Une passe pour la création des utilisateurs et un formulaire pour leur mot de passe ont été mis en place. La transition devrait se faire rapidement en début d'année 2021.

#### ■ Le service d'hébergement

L'usage intensif en énergie des serveurs de calcul à base de GPU a causé des coupures de courant; une redondance électrique a été mise en place pour y remédier, et une nouvelle baie va être mise en place pour les futurs serveurs de calcul.

L'usage de *blades* compacts a aussi été privilégié pour les services ne nécessitant pas de gros serveurs pour lesquels des raisons techniques faisaient que la virtualisation n'était pas adaptée.

Ces *blades* comportant 12 machines sur 3U sont particulièrement pratiques, et le rachat de ce type de solution est en cours pour les besoins en nouveaux services.

#### ■ La connectivité

Le réseau Renater a bien tenu malgré l'usage intensif dû au télétravail, et nous n'avons pas eu de problèmes de connectivité.

Une refactorisation des switches avec des uplinks en 10G est en cours, ainsi qu'un travail sur les gateways assurant la répartition des flux.

## PÔLE WEB (POW)

Le Pôle Web (PoW) assure la coordination, le développement et la maintenance des applications orientées web et data pour l'ensemble des services et départements de l'Ircam dans le cadre de projets collaboratifs de recherche, de développement et d'innovation ouverte. Ce pôle s'inscrit dans une volonté de mutualisation des ressources en développement agile, de factorisation des moyens technologiques pérennes et d'optimisation des flux de données numériques sociales, scientifiques et musicales entre les équipes, les projets et les communautés.

### Missions

- Gestion de projet, expertise, assistance à la maîtrise d'ouvrage
- Architecture, ingénierie et développement logiciel
- Administration, documentation, publication, déploiement et maintenance régulière des applications et des flux de données
- Recherche et veille technologique open source

### Technologies

- Langages : Python, JavaScript, TypeScript, HTML, CSS
- Frameworks : Django, Node, Gulp, WebPack, VueJS, Web Audio API, Git
- Systèmes opérationnels : Linux, Docker

### Confinements et stratégie

Dans le cadre perturbé des confinements successifs, la charge sur les services web a été amplifiée en 2020. Si le Pôle Web a continué à consolider les fondations, les méthodes et la stratégie technique déterminées en 2017, une réorientation progressive des contraintes est désormais engagée vers les questions d'expérience utilisateur (UX), notamment musicale et participative. Les institutions faisant face à une demande grandissante des communautés de disposer de modes d'interaction non seulement sociaux, mais aussi pédagogiques et créatifs, il s'agit désormais de mettre en jeu les innovations produites par les chercheurs et les ingénieurs tout en mettant en scène les espaces et les temporalités variées, jamais virtuelles, à l'échelle d'Internet et au niveau international. Plus que jamais, nous devons donc penser l'implication des communautés professionnelles dans les processus de recherche scientifique et artistique par des modes d'interactions hybrides à la fois physiques, écologiques et numériques.

### Projets et activités

#### Systèmes de gestion de contenus

Les sites [www.ircam.fr](http://www.ircam.fr) et [www.stms-lab.fr](http://www.stms-lab.fr), basés sur Mezzo et qui partagent la même base de données, ont été améliorés en collaboration avec le département Communication et l'UMR pour faciliter la gestion des événements, des projets d'équipes et des liaisons de contenus.



Figure 1. Site web du Festival ManiFeste 2020.

Le site ManiFeste 2020 a été produit sur une base Mezzo, comme en 2017, 2018 et 2019. L'interface et les styles ont été développés et optimisés pour être réutilisés en 2021.

Le programme de développement des applications dédiées à la documentation et à la musicologie a été consolidé et coordonné avec les départements PAC, Production et l'UMR. Les phases 2 et 3 du projet Ressources – regroupant BRAHMS ([brahms.ircam.fr](http://brahms.ircam.fr)), Sidney ([brahms.ircam.fr/sidney](http://brahms.ircam.fr/sidney)), Analyses ([brahms.ircam.fr/analyses](http://brahms.ircam.fr/analyses)) et Medias ([medias.ircam.fr](http://medias.ircam.fr)) – se sont concentrées sur la mise à jour des backends et le traitement de nombreux bugs historiques limitant les fonctions éditoriales et administratives. Les nouvelles fonctionnalités majeures concernent la conversion des contenus de HTML à Markdown, un éditeur Markdown étendu, une interface de traduction des contenus et de détection des liens cassés.

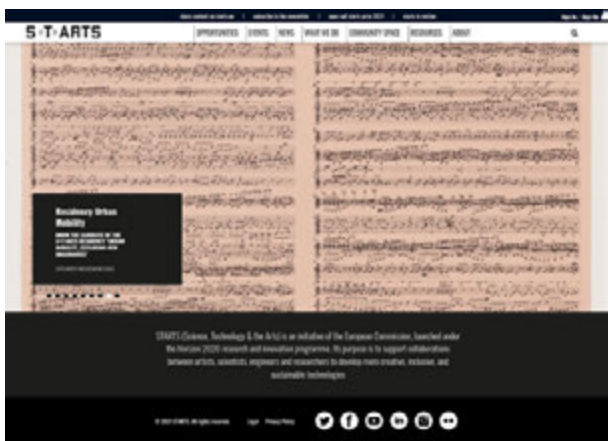


Figure 2. Accueil de la plateforme www.starts.eu

L'architecture de Medias a été revue pour faciliter la gestion des données audiovisuelles transcodées et les droits d'accès. La participation au projet Antony a été maintenue à travers le groupe de travail de l'AFIM « Archivage collaboratif et préservation créative » pour préciser la stratégie du développement de la plateforme de stockage et de partage d'œuvre électro-acoustiques Sidney (open sourcé pour l'occasion) mettant en jeu des dépôts d'œuvres versionnées et des cycles de tests semi-automatisés. Il répond à un besoin stratégique des communautés de réalisateurs, de compositeurs et de producteurs de disposer d'un environnement de stockage, de travail et de partage dédié à leur métier.

#### Applications collaboratives et communautaires

La plateforme collaborative Forum (forum.ircam.fr) a été consolidée, notamment sa partie commerciale qui comportait de nombreuses régressions suite à la fusion des shops PAC et Forum basés sur PrestaShop. En collaboration régulière et étroite avec l'équipe Forum, l'ensemble applicatif (Mezzo, Discourse, GitLab, PrestaShop, Ircam-Auth) a été réévalué suite au départ de R. Voyazopoulos, et les axes prioritaires de développement recentrés sur l'expérience utilisateur et la gestion éditoriale. La partie comptable a été agrémentée de modules de traitement de données, l'ensemble applicatif mis à jour et perfectionné, la gestion du projet Forum simplifiée et ouverte à la communauté interne. Des axes d'évolution de la partie collaborative ont été identifiés et spécifiés avec les utilisateurs comme la gestion des releases de logiciels et des groupes de travail. La plateforme a enregistré une hausse du nombre d'utilisateurs actifs pour atteindre plus de 5 000 fin 2020.

Fin 2020 a été initiée une évolution de l'application Ircam-Auth utilisée par le Forum comme solution d'ensemble pour l'authentification à toutes les applications de l'Ircam, et www.ircam.fr en premier lieu. Il s'agit à terme d'offrir, en coordination avec le service Informatique, un seul point d'entrée à tous les services en ligne de l'Ircam avec un seul compte personnel pour tous les utilisateurs-trices, internes ou externes, même lorsque leur statut évolue. La plateforme www.starts.eu du programme européen STARTS (Sciences, Technologies and Arts), historiquement basée sur Mezzo, a été optimisée pour faciliter l'accueil de chaque participant-e et

les interactions professionnelles dans le cadre du projet STARTS Ecosystem. Cette plateforme est désormais au cœur de la stratégie de l'écosystème européen STARTS en tant que socle numérique pour favoriser la diffusion des échanges, des rencontres et des appels à candidature au sein du réseau. STARTS regroupe désormais plus de 4 000 utilisateurs.

La plateforme www.ulysses-network.eu du projet européen Ulysses a été maintenue et un support à la gestion des appels à candidatures a été nécessaire lorsque la complexité des modèles d'appel le nécessitait. Ulysses regroupe désormais environ 5 000 utilisateurs. Une participation à la troisième mouture du projet Ulysses a été envisagée pour convenir aux besoins des quatre prochaines années.

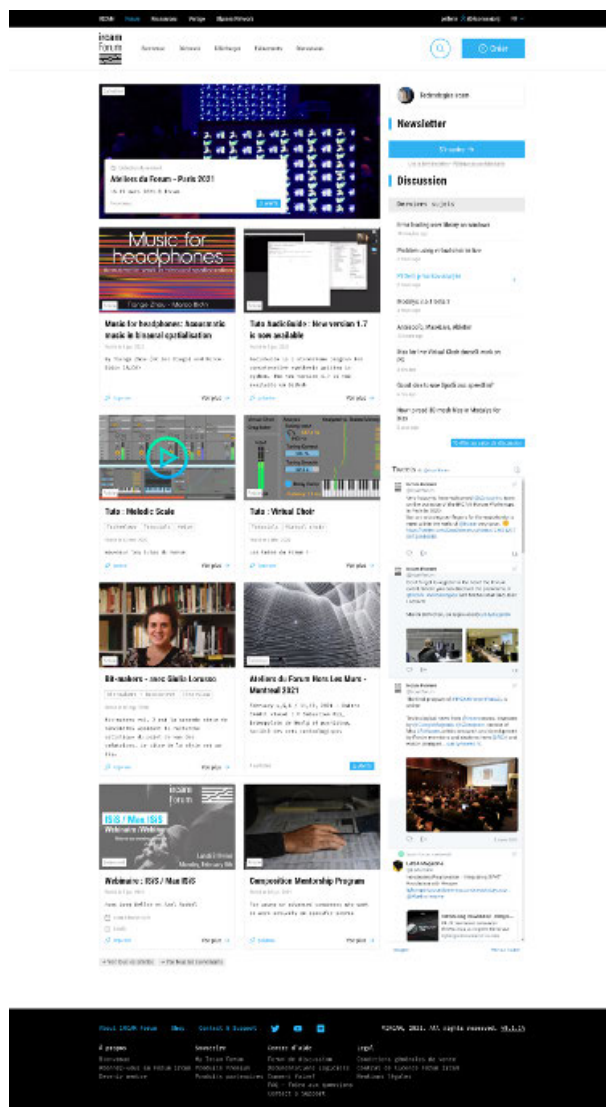


Figure 3. Accueil de la plateforme du Forum Ircam



Une activité au sein du programme ParticipArc a également été maintenue pour conseiller les acteurs du réseau pour le développement des sciences participatives dans les domaines de la culture et dans lequel le Web représente désormais un moyen d'envergure. Il s'agissait aussi de préciser les contours fonctionnels du portail ParticipArc.

#### Web audio et Web sémantique

Dans le cadre du projet de recherche ANR WASABI (Ircam, Inria, Deezer, Radio France, Parisson), le framework d'analyse audio TimeSide a été encore étendu et optimisé pour la gestion d'analyses audio de type MIR en mode web service grâce à une nouvelle API Restful dédiée. Un nouveau player relié à l'API sécurisée a été entièrement développé avec une méthode d'intégration en composants sur la base du framework VueJS. Il permet d'interroger et piloter l'API TimeSide pour superposer des tracks d'analyse audio vectorielles et des annotations manuelles. Une nouvelle version du framework TimeSide a été publiée, un séminaire produit et diffusé, et une valorisation envisagée avec le CNRS.

Un nouveau projet de recherche DATAMUSE « Sémantiques audio et culturelles pour la musicologie computationnelle co-créative » (Ircam, Inria, IReMus, PRISM, Mnemotix) a été déposé à l'ANR, accepté en première phase en 2019.

#### Audit technique

L'équipe a fait l'objet d'un audit technique initié par la direction. Une analyse fine des méthodes de développement et des solutions techniques mises en œuvre a été effectuée par un prestataire externe. Il a pu apprécier l'efficacité de l'équipe face aux nombreux projets et mis en évidence la qualité des choix technologiques depuis 5 ans, la performance de gestion et de maintenance des systèmes, tout en proposant trois axes de progression : mieux maintenir les dépendances de Mezzo, étudier les solutions CMS de type headless pour des projets de courte durée de vie et enfin renforcer les ressources humaines de l'équipe.

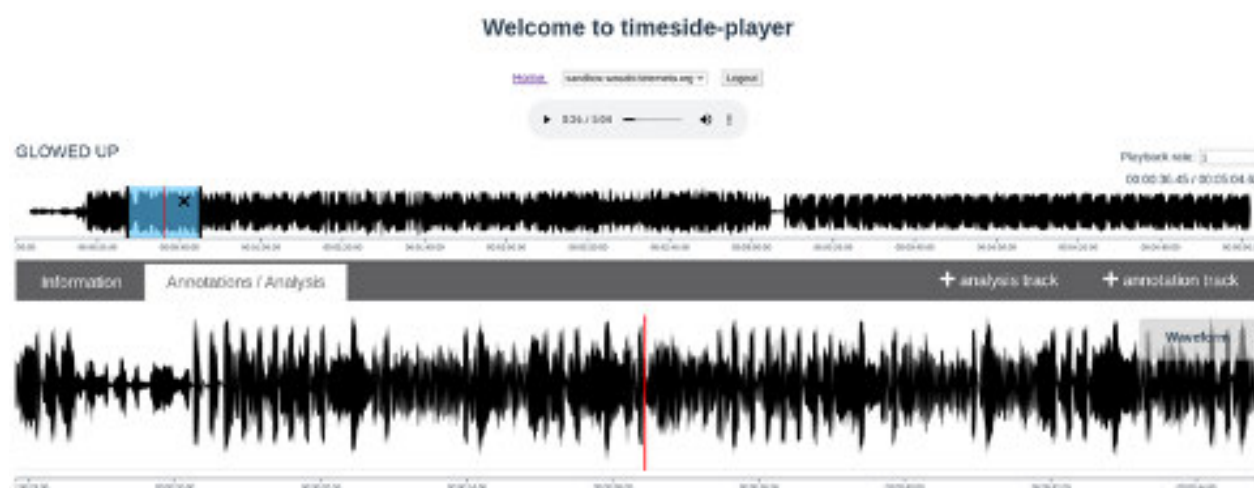


Figure 4. Interface vectorielle d'analyse dynamique et d'annotation collaborative du nouveau TimeSide Player (prototype)

## LES TRAVAUX DE L'ESPACE DE PROJECTION

Le chantier de désamiantage de l'Espace de projection est en cours depuis novembre 2011 suite à la découverte accidentelle de fibre d'amiante.

La salle est fermée au public depuis décembre 2014 pour préparer son traitement. Du périmètre initial, circonscrit à la salle, l'opération de désamiantage a été étendue à d'autres locaux (attendants à la salle) où des pollutions ont été diagnostiquées ainsi qu'aux réseaux de ventilation.

Les travaux ont démarré en novembre 2019, après la finalisation du DCE, du budget, de la passation du marché public et l'attribution des lots aux entreprises pour l'ensemble des travaux. Le budget, consolidé par la DGCA, s'élève à un montant total de 7.360.000 € TDC.

L'Espro devrait ainsi retrouver son public au cours du 1<sup>er</sup> semestre 2022.

L'OPPIC assure depuis 2014 la maîtrise d'ouvrage de l'opération désamiantage de l'Espro qui présente trois grands volets :

### ■ Volet 1 – Contraintes liées à l'amiante

Le scénario retenu au terme des études de faisabilité prévoit le retrait des matériaux amiantés de l'Espro et des locaux annexes ainsi que le remplacement des réseaux CVCD.

### ■ Volet 2 – Mise en conformité et entretien

Une rénovation, mise en conformité de l'environnement et des équipements :

- La totalité des câbles courant fort de la machinerie, des PC, de l'éclairage, des prises et autres appareils de puissance sera remplacée ;
- L'installation courant faible sera renouvelée et mise aux normes ;
- La plomberie, tant en ce qui concerne les alimentations que les évacuations, sera revue, permettant un dimensionnement adéquat et une meilleure maîtrise des consommations ;
- Le revêtement de sol de l'Espro sera remplacé ainsi que ses menuiseries (portes) présentant des dysfonctionnements ; les habillages métalliques du foyer et les cloisonnements dégradés seront changés ;
- Tous les équipements immobiliers solidaires du gros œuvre seront contrôlés et mis en conformité.

### ■ Volet 3 – Intégration numérique

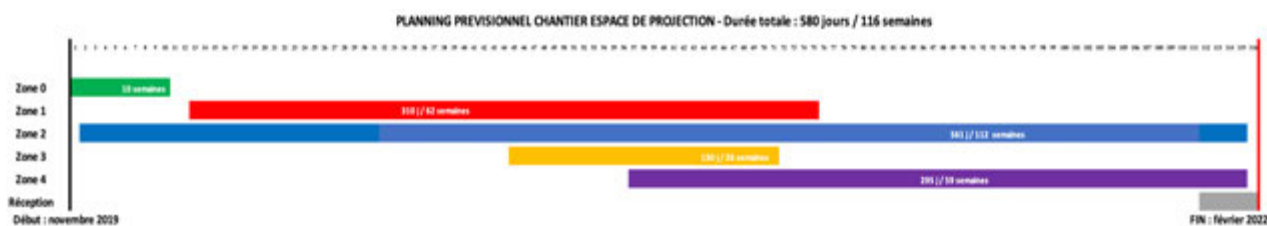
Il s'agit de faire évoluer les équipements de l'Espro pour en conserver les potentialités d'adaptation :

- Remplacement des moteurs de périactes, des modules et interfaces de commande, des réseaux courants fort et faible ;
- Création d'un nodal cœur numérique.

### ■ Calendrier

La crise sanitaire et le confinement ont obligé à revoir le calendrier prévisionnel à 116 semaines de travaux, jusqu'à février 2022.

Les zones correspondent aux diverses phases de chantier prévues par l'AMO.



AMO : Assistant Maîtrise d’Ouvrage  
CVCD : Chauffage, ventilation, climatisation et désenfumage  
DCE : Dossier de Consultation des Entreprises  
DGCA : Direction Générale de la Création Artistique  
ESPRO : Espace de Projection  
MOA : Maître d’Ouvrage  
MOE : Maîtrise d’œuvre – Clé Millet International  
OPPIC : Opérateur du Patrimoine et des Projets Immobiliers de la Culture – Mandataire MOA  
RBS : Régie Bâtiment et Sécurité (Ircam)

### **LE SCHÉMA DIRECTEUR DU CENTRE GEORGES POMPIDOU – CÔTÉ IRCAM**

Le CGP a développé un schéma directeur pour assurer la rénovation de l’infrastructure à laquelle l’Ircam est lié.

Ces travaux portent notamment sur des équipements techniques d’électricité, de climatisation, d’eau glacée, de désenfumage qui sont des équipements communs au CGP et à l’Ircam. S’ajouteraient pour l’Ircam : la verrière, l’accessibilité handicapés et la transformation du monte-charge en ascenseur de personnes permettant alors l’accès à la salle de spectacle (Espro).

Le CGP, suite à un dialogue compétitif (sous le pilotage de l’OPPIC), a arrêté le scénario de travaux en site fermé qui dureraient 3 ans et démarreraient en 2023.

L’objectif de l’Ircam est de réaliser les travaux en 2 phases géographiques au niveau des bâtiments successivement en travaux, donc dans un lieu occupé.

Cette alternative, communiquée à l’OPPIC, sera évaluée durant la phase 3 du marché en 2021.





